HOJA SEPARADORA DEJADA INTENCIONALMENTE

LE CORRESPONDE EL FOLIO

Proyecto Mina de Cobre Panamá

ANEXO IX

Línea de Base de Calidad del Aire y Meteorología

Enviado a:

Minera Panamá S.A

Setiembre 2010 **07-1334-0018**

TABLA DE CONTENIDO

SECCIÓN **PÁGINA**

1 INTRODUCCIÓN 1

2 ÁREAS DE ESTUDIO 3

3 METODOLOGÍA 8
3.1 MONITOREO DEL PM_{10} 9
3.2 DATOS DEL MONITOREO METEOROLÓGICO 11

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 13
4.1 CLIMA DE PANAMÁ 13
4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS 15
4.3 MONITOREO DEL PM_{10} 15
4.4 MONITOREO METEOROLÓGICO 18
4.4.1 Estación del Campamento Colina 18
4.4.2 Estación de Río Caimito 29

5 CONCLUSIONES 40

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Localización y Elevación de las Estaciones de Monitoreo 3
Tabla 3-1 Especificaciones para la Operación del Monitor de Atenuación Beta 10
Tabla 3-2 Resumen de las Normas de la Organización Mundial de la Salud para PM_{10} 11
Tabla 3-3 Especificaciones de los Sensores Meteorológicos 12
Tabla 4-1 Resumen de Concentraciones Continuas de PM_{10} 15
Tabla 4-2 Resumen de Parámetros Meteorológicos Medidos en la Estación de Monitoreo del Campamento Colina 18
Tabla 4-3 Resumen de Parámetros Meteorológicos Medidos en la Estación de Río Caimito 29

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 Diagrama de Vientos Predominantes Promedio de Cinco Años, Aeropuerto Colón, Panamá 1991 al 1995 14
Figura 4-2 Resumen de Concentraciones Mensuales de PM10 en la Estación del Campamento Colina 16
Figura 4-3 Resumen de Concentraciones Mensuales de PM_{10} en la Estación de Río Caimito 17
Figura 4-4 Diagrama Anual de Vientos Predominantes en la Estación del Campamento Colina 20

Figura 4-5 Diagrama de Primer Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación del Campamento Colina 21
Figura 4-6 Diagrama de Segundo Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación del Campamento Colina 22
Figura 4-7 Diagrama de Tercer Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación del Campamento Colina 23
Figura 4-8 Diagrama de Cuarto Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación del Campamento Colina 24
Figura 4-9 Resumen Mensual de Velocidad de Viento en la Estación del Campamento Colina 25
Figura 4-10 Resumen Mensual de Desviación Estándar de Dirección Horizontal de Viento 25
Figura 4-11 Resumen Mensual de Temperatura en la Estación del Campamento Colina 27
Figura 4-12 Resumen Mensual de la Presión Barométrica en la Estación del Campamento Colina 27
Figura 4-13 Resumen Mensual de la Humedad Relativa en la Estación del Campamento Colina 28
Figura 4-14 Resumen Mensual de la Radiación Solar en la Estación del Campamento Colina 28
Figura 4-15 Diagrama Anual de Vientos Predominantes en la Estación de Río Caimito 30
Figura 4-16 Diagrama de Primer Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación de Río Caimito 31
Figura 4-17 Diagrama de Segundo Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación de Río Caimito 32
Figura 4-18 Diagrama de Tercer Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación de Río Caimito 33
Figura 4-19 Diagrama de Cuarto Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación de Río Caimito 34
Figura 4-20 Resumen Mensual de Velocidad de Viento en la Estación de Río Caimito 36
Figura 4-21 Resumen Mensual de Desviación Estándar de Dirección Horizontal de Viento 36
Figura 4-22 Resumen Mensual de Temperatura en la Estación de Río Caimito 37
Figura 4-23 Resumen Mensual de Presión Barométrica en la Estación de Río Caimito 38
Figura 4-24 Resumen Mensual de Humedad Relativa en la Estación de Río Caimito 39
Figura 4-25 Resumen Mensual de Radiación Solar en la Estación de Río Caimito 39

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1 Estación de Monitoreo del Campamento Colina Mirando Hacia el Norte 4
Fotografía 2-2 Estación de Monitoreo del Campamento Colina Mirando Hacia el Este 4
Fotografía 2-3 Estación de Monitoreo del Campamento Colina Mirando Hacia el Sur 5
Fotografía 2-4 Estación de Monitoreo del Campamento Colina Mirando Hacia el Oeste 5
Fotografía 2-5 Estación de Monitoreo Río Caimito Mirando Hacia el Norte 6
Fotografía 2-6 Estación de Monitoreo Río Caimito Mirando Hacia el Este 6
Fotografía 2-7 Estación de Monitoreo Río Caimito Mirando Hacia el Sur 7
Fotografía 2-8 Estación de Monitoreo Río Caimito Mirando Hacia el Oeste 7

1 INTRODUCCIÓN

Minera Panamá S.A. (MPSA), cuyas acciones son propiedad de Inmet Mining Corporation (Inmet), está realizando los estudios de factibilidad para el desarrollo del Proyecto Mina de Cobre MPSA (el Proyecto). El Proyecto propuesto extraerá y procesará mineral de sulfuro de cobre en la Concesión Petaquilla en Panamá. Esta concesión cubre un área de 130 kilómetros cuadrados (km^2) y está localizada en el Distrito de Donoso en la Provincia de Colón, en la región Central Norte de Panamá (Mapa 1 del Anexo I). La concesión contiene al menos tres yacimientos diferentes de mineral de cobre distribuidos en distintos sectores (Colina, Botija y Valle Grande) y en la actualidad se prevé la explotación de estos yacimientos en tres minas a cielo abierto.

El mineral de sulfuro de cobre será extraído a través de minas a cielo abierto y será procesado utilizando el método de trituración, molienda, flotación y concentrado. El diseño propuesto considera que la alimentación de mineral a la planta procesadora será de 150,000 toneladas por día. Esto será ampliado a 225,000 toneladas por día en 10 años mediante la adición de una tercera línea de procesamiento. El Proyecto exportará concentrado de cobre a través de un puerto que será construido en la costa Caribe en Punta Rincón, el cual estará conectado al proyecto principal por una ruta de transporte, un corredor eléctrico y tuberías para la transferencia de productos y otros materiales (Mapa 1 del Anexo I). Se propone la construcción de una Planta de generación de energía eléctrica a carbón, adyacente al sitio del puerto en Punta Rincón. Esta planta tendrá la capacidad de generar 300 megavatios que proveerá energía al proyecto y estará conectada a la red nacional con líneas de energía que se extenderán desde la mina hasta la subestación eléctrica existente en Llano Sánchez, Distrito de Aguadulce en la Provincia de Coclé.

Los estudios fueron realizados como parte de la evaluación ambiental y socio-económica del Proyecto, con el fin de establecer las condiciones meteorológicas actuales y la calidad del aire. Se requiere una descripción de la calidad actual del aire en el área del Proyecto antes de la adición de fuentes de emisión asociadas al Proyecto, para lograr una evaluación adecuada de los potenciales impactos ambientales y socio-económicos. Para cuantificar los cambios en la calidad de aire producto del desarrollo del Proyecto, es necesario comparar las proyecciones sobre calidad de aire con los valores medidos de la línea base.

Este reporte está organizado de la siguiente manera:

- La Sección 2 describe la localización de la estación de monitoreo y las áreas circundantes del estudio.
- La Sección 3 presenta los métodos usados para el estudio de la línea base.

- La Sección 4 presenta y discute los resultados del estudio de la línea base.
- La Sección 5 presenta las conclusiones del estudio de la línea base.

La línea base de hidrología (Anexo V) presenta un análisis de las características de pluviometría de la zona del Proyecto. La evaluación de riesgos ecológicos y a la salud humana (Sección 9.1.18 del EsIA) describe las muestras de material particulado (PM[1]) recolectadas para fines de su análisis para metales.

Al inicio de este informe se presenta un glosario de los términos y una lista de siglas y abreviaturas; mientras que las referencias se presentan al final del informe.

[1] Al término "material particulado" se le ha asignado el acrónimo "PM", por las siglas en inglés de "Particulate Matter" ya que se trata de un acrónimo ampliamente reconocido y utilizado en la definición de estándares de calidad ambiental a nivel internacional.

2 ÁREAS DE ESTUDIO

Se instalaron dos estaciones de monitoreo meteorológico y de calidad de aire, para la recolección de datos ambientales representativos de las condiciones de la línea base en los sitios del Proyecto a través de un período de aproximadamente un año.

La localización de las estaciones se presenta en la Tabla 2-1. Se presentan fotografías de cada estación desde diferentes direcciones hacia la estación del campamento Colina (Fotografías 2-1 hasta 2-4) y la estación Río Caimito (Fotografías 2-5 hasta 2-8). No se identificaron áreas geográficamente definidas para la línea base metrológica ni del aire; sin embargo, se determinó un área discreta de estudio para la sección sobre calidad de aire del estudio de impacto ambiental (EsIA) (Sección 9.1.8). La estación de Colina, ubicada cerca del campamento de exploración del Proyecto, fue inaugurada en noviembre del 2007. La estación de Río Caimito, ubicada cerca del puerto del Proyecto, comenzó a recolectar datos en diciembre del 2007.

Tabla 2-1 Localización y Elevación de las Estaciones de Monitoreo

Sitio	Elevación [msnm]	Coordenadas UTM [a]	
		Al Norte [m]	Al Este [m]
estación meteorológica y de calidad de aire Campamento Colina	180	976,997	538,457
estación meteorológica y de calidad de aire Río Caimito	30	997,071	535,198

[a] UTM = universal transverse mercator , Zona 17 S.

Nota: msnm = metros sobre el nivel del mar.

La estación del campamento Colina (Fotografías 2-1 hasta 2-4) está ubicada aproximadamente a 100 metros (m) al este del campamento de exploración Colina construido recientemente. La topografía del área que rodea la estación es accidentada, y la tierra está cubierta de un bosque tropical de altura moderada (15 m).

La estación de Río Caimito (Fotografías 2-5 hasta 2-8) está ubicada en la comunidad de Río Caimito, aproximadamente a unos 300 m al este de la confluencia de la desembocadura del Río Caimito Bajo y el Mar Caribe. La zona que rodea la estación de monitoreo es abierta, con una cubierta de vegetación baja y un terreno relativamente llano.



Fotografía 2-1 Estación de Monitoreo del Campamento Colina Mirando Hacia el Norte



Fotografía 2-2 Estación de Monitoreo del Campamento Colina Mirando Hacia el Este



Fotografía 2-3 Estación de Monitoreo del Campamento Colina Mirando Hacia el Sur



Fotografía 2-4 Estación de Monitoreo del Campamento Colina Mirando Hacia el Oeste



Fotografía 2-5 Estación de Monitoreo Río Caimito Mirando Hacia el Norte



Fotografía 2-6 Estación de Monitoreo Río Caimito Mirando Hacia el Este



Fotografía 2-7 Estación de Monitoreo Río Caimito Mirando Hacia el Sur



Fotografía 2-8 Estación de Monitoreo Río Caimito Mirando Hacia el Oeste

3 METODOLOGÍA

Durante las actividades preliminares de consultoría llevadas a cabo en los años 2006 y 2007, se identificaron los datos completos de la línea base y de la calidad del aire como temas importantes en la región. Como parte de la definición del alcance del EsIA de seguimiento, se propuso un programa de monitoreo combinado meteorológico y de calidad de aire, incluyendo los siguientes componentes:

- Material particulado con un diámetro aerodinámico de 10 micrones (µm) o menos (PM_{10}). Este parámetro representa la porción respirable de partículas suspendidas en el aire.
- Monitoreo meteorológico en los alrededores de la mina y en la comunidad de Río Caimito, la cual queda cerca a las instalaciones del Puerto y la planta generadora de energí eléctrica. Se recolectaron datos para su uso en los estudios ambientales de la línea base, en el diseño de ingeniería, y los reportes de EsIA. Los parámetros meteorológicos monitoreados incluyeron lo siguiente:
  - velocidad y dirección del viento;
  - temperatura;
  - humedad relativa;
  - radiación solar;
  - evaporación en bandeja; y
  - precipitación.

El objetivo principal del monitoreo de la línea base de la calidad de aire era obtener una referencia con la cual se podrían comparar las proyecciones de la evaluación de impactos, y que luego ser utilizada para orientar las decisiones del diseño y administración del Proyecto. En vista de la remota ubicación del Proyecto y la falta de desarrollo industrial en los alrededores de la planta generadora y de las instalaciones de la mina (es decir, tajos, instalaciones para el manejo de relaves y molino), los compuestos derivados de combustión tales como el dióxido de sulfuro (SO_2), el dióxido de nitrógeno (NO_2), y el monóxido de carbono (CO) son insignificantes y no se tomaron en cuenta para el monitoreo de la línea base.

Una excepción la constituida por la material particulado que se deriva de varias fuentes existentes, incluyendo la cocción de alimentos (por ejemplo, Río Caimito), la quema de la vegetación, aerosoles marinos y la combustión limitada de combustibles. Debido al potencial del material particulado de la línea base en la zona, el programa del monitoreo de la calidad de aire se enfocó a la detección de concentraciones ambientales de PM_{10}. Existen muchos estudios al respecto desde hace mucho tiempo

a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), PM_{10} es un parámetro que se reporta más ampliamente que el $PM_{2.5}$ (una fracción aún más pequeña del material particulado total que tiene un diámetro de 2.5 µm o menos), y también es el indicador de relevancia para la mayoría de los datos epidemiológicos actuales (OMS 2006). Para fines de monitoreo de la línea base, se considero que el PM_{10} fue el mas adecuado para representar la porción inhalable de material particulado. En ausencia de $PM_{2.5}$ existen cocientes de conversión en documentos publicados para estimarlo utilizando mediciones disponibles de PM_{10}.

La siguiente sección contiene una descripción y un resumen del monitoreo del PM_{10} que se llevó a cabo en la estación del campamento Colina y la estación de Río Caimito. Se incluyen detalles de instrumentación y muestreo. Después de esta sección, se presenta una descripción detallada del programa de monitoreo meteorológico incluyendo información sobre instrumentación y muestreo.

3.1 MONITOREO DEL PM_{10}

Se completó el monitoreo del PM_{10} utilizando monitores de atenuación beta (E-BAMs) fabricados por Met One Instruments, Inc. El principio de operación de este tipo de monitor de partículas es determinar la diferencia en la transmisión de rayos beta a través de una sustancia (cinta para filtrar) antes y después de que la sustancia sea expuesta a la atmósfera. Una pequeña fuente beta se acopla a un detector sensible que cuenta las partículas de beta emitidas. A medida que la masa depositada en la cinta filtradora vaya aumentando, el conteo de medición de partículas beta se va reduciendo según una proporción o relación conocida. La diferencia en las mediciones se usa para calcular la concentración del PM_{10}.

El monitor E-BAM tiene especificaciones que cumplen con los requisitos de la Agencia de los Estados Unidos para la Protección del Medio Ambiente (USEPA) para mediciones automatizadas de PM_{10} (Met One 2009). Las concentraciones medidas de PM_{10} se calculan continuamente y se registran electrónicamente cada hora. El monitor E-BAM cuenta con un registrador interno de datos, y energía suministrada tanto por paneles solares como por un sistema de baterías. La Tabla 3-1 presenta las especificaciones técnicas del monitor E-BAM.

Los datos presentados en este informe han sido comparados con los estándares o normas de calidad de aire natural de Panamá (ANAM 2006), esta información esta disponible cuando sea requerida. En ausencia de normas panameñas, se usaron las normas de la OMS sobre la calidad del aire natural (OMS 2005). La Sección 5.4.5 presenta una descripción completa de todos los estándares o normas utilizadas en la evaluación de impactos. Los diferentes criterios de cada jurisdicción definen los niveles de calidad de aire que han sido designados para proteger la salud pública y el bienestar

dentro de un margen adecuado de seguridad. El cumplimiento con la norma panameña para PM_{10} de 24-horas, de 150 microgramos por metro cúbico (µg/m^3), se basa en la concentración del 98no percentil de 24-horas en cualquier año específico. El cumplimiento con la norma anual panameña para PM_{10} de 50 µg/m³ se basa en la concentración anual promediada a través de tres años consecutivos. Actualmente en Panamá no existe ningún criterio de PM_{10} de 1-hora.

Tabla 3-1 Especificaciones para la Operación del Monitor de Atenuación Beta

Parámetro	Especificación
método de medición	atenuación beta
fuente beta	Isótopo carbón 14 (C^{14}), menos de 75 microcuries, vida media de 5,730 años
método de referencia	método gravimétrico
alcance/límite	0 a 65 mg/m^3
precisión	más o menos el 10% de indicación (modo1-hora)
ciclo de medición	24 horas
detector	sonda de centelleo
salida análoga	selectivo 0-1V, 0-5V, 0-10V , precisión 12 bit
cinta de filtrar	filtro fibra de vidrio continuo
entrada	impactor virtual tipo PM_{10}
caudal/magnitud de flujo	16.7 litros por minuto, ajustable
precisión de flujo	más o menos 3% de lectura
regulador de flujo	flujómetro de masa con motor regulador de Corriente Directa (CD)
bomba de muestreo/ muestreadora	Tipo diafragma doble, armado/instalado internamente
señales de alarma	filtro, flujo, falla de operación y potencia/energía
potencia alimentada	12 voltios CD @ 35 vatios
pantalla exhibición	pantalla fluorescente (VFD) carácter/tipo de vacío 20de X 4 líneas
teclado numérico (keypad)	tipo membrana, matriz 3 X 4
cierre contacto alarma	2 amperios @ 240 voltios en corriente alterna (VAC)
comunicaciones	estándar RS232
temperatura de operación	negativa de 25°C a 40°C
temperatura de almacenaje	negativa de 30°C a 40°C
cercamiento/encerramiento	aluminio impermeable, 35.6 cm ancho por 40.6 cm alto y 20.3 cm profundo

Fuente: Met One 2009.

Notas: °C = grados Celsius; cm = centímetros; mg/m^3 = milígramos por metro cúbico; V = voltio.

La Tabla 3-2 presenta las normas de la OMS para la calidad de aire y objetivos provisionales. El valor de la norma para 24-horas se basa en el 99no percentil de datos medidos. La OMS recomienda que los países intenten avanzar hacia el cumplimiento de los valores pautados, pero reconoce que los objetivos provisionales pueden ser útiles para medir los avances a través del tiempo en el proceso de reducir de manera sostenida la exposición de la población al PM. Para fines del análisis de la línea base, los criterios panameños fueron tomados en cuenta primero, y luego se consideraron los de la OMS. Por lo tanto, los criterios panameños anuales y de 24-horas prevalecieron sobre los criterios de la OMS.

Tabla 3-2 Resumen de las Normas de la Organización Mundial de la Salud para PM_{10}

Tiempo Promedio	Valor Pautas [μg/m^3]
anual	70 (meta interina-1)
	50 (meta interina-2)
	30 (meta interina-3)
	20 (pauta)
24-horas	150 (meta interina-1)
	100 (meta interina -2)
	75 (meta interina -3)
	50 (pauta)

Fuente: WHO 2005.
Nota: μg/m^3 = microgramos por metro cúbico.

3.2 DATOS DEL MONITOREO METEOROLÓGICO

Además del monitoreo de partículas por E-BAM, cada estación contaba con una torre meteorológica de 10 metros (ver Fotografías 2-1 a 2-8). Los equipos meteorológicos fueron fabricados por Met One Instruments, Inc., y fueron montados sobre la torre a diferentes alturas para medir las siguientes variables:

- velocidad de viento (10 m);
- dirección de viento (10 m);
- temperatura (10 m);
- humedad relativa (10 m); y
- radiación solar (5 m).

Un sensor de presión barométrica, un medidor de precipitación de tipo balde basculante, y un medidor de evaporación fueron colocados sobre el suelo en la base de la torre. El sistema entero usaba la energía suministrada por un panel solar conectado a una batería que se recargaba continuamente. La batería suministraba energía al registrador de datos del sistema, y a todos los demás equipos, según fuera necesario. La Tabla 3-3 presenta un resumen de la información del sensor. Durante el transcurso del programa de monitoreo, se hicieron dos visitas al sitio para darle mantenimiento al sistema y para realizar la calibración del equipo que fuera necesaria.

Tabla 3-3 Especificaciones de los Sensores Meteorológicos

Sensores y Parámetros Meteorológicos	Met One Instruments, Inc. Pieza Número
velocidad de viento (copas de aluminio)	014A
desviación estándar del viento horizontal	Loggernet
dirección de viento (cola de aluminio)	024A
humedad/temperatura	083D-1-35
presión barométrica	092
20.3 cm pluviómetro	370
radiación solar	096-2
calibrador de evaporación	550502
tabulador electrónico de datos	455B
software	Loggernet

Fuente: Met One 2009.
Nota: cm = centímetro.

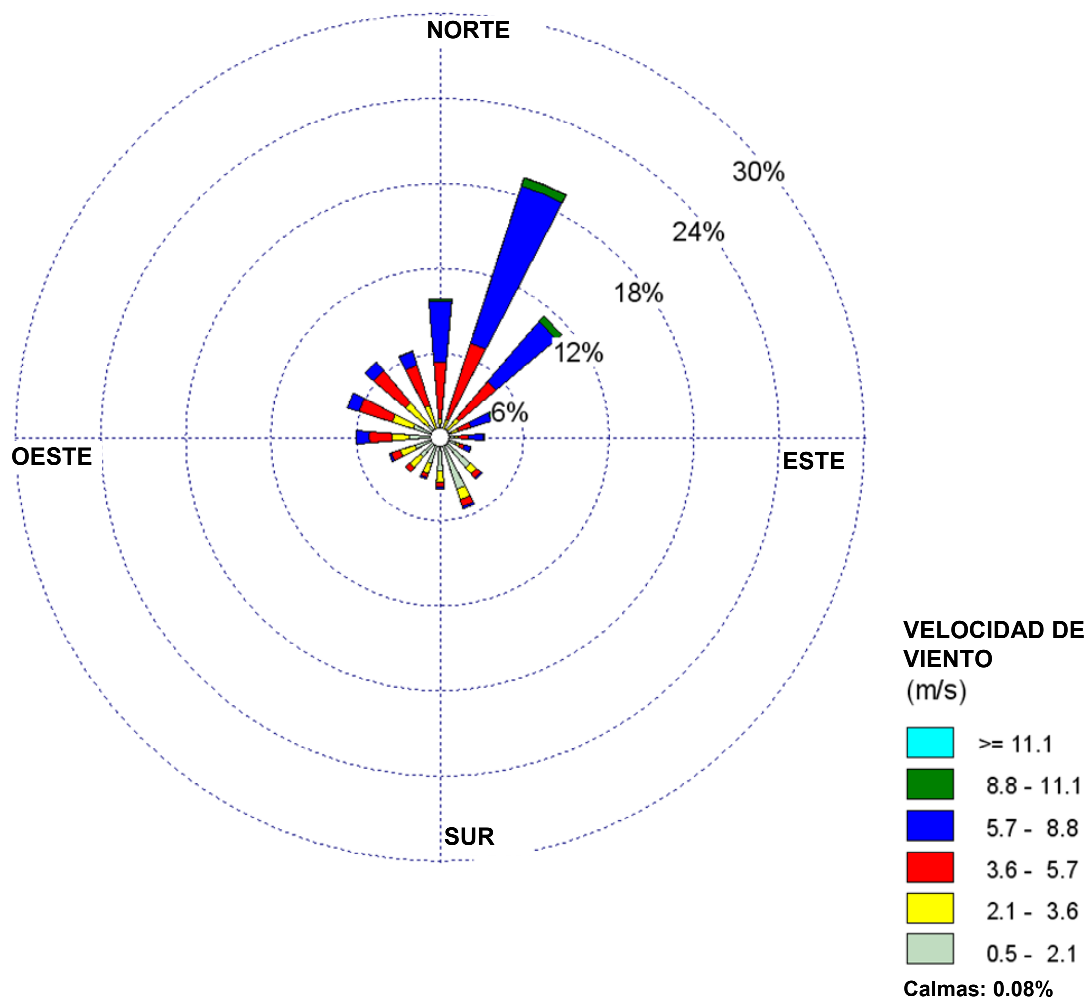
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CLIMA DE PANAMÁ

Localizado aproximadamente nueve grados al norte del ecuador, Panamá cuenta con un clima caliente y tropical. Los patrones meteorológicos varían por región, y muchas veces reflejan cambios de elevación o proximidad al mar. El país está rodeado al norte por el Mar Caribe, y al sur por el Océano Pacífico. Las temperaturas y la humedad relativa son uniformemente elevadas, con poca variación estacional durante el año. De día las temperaturas tienen un promedio de 27 grados Celsius (°C) en las tierras bajas, y una temperatura de 19°C en la zona montañosa. La humedad relativa se mantiene elevada, alrededor de un 80%, aunque esto también varía con los cambios de elevación y distancia del mar (World Book Encyclopedia 2007). Durante la mayor parte del año, los vientos predominantes son generalmente del norte-noreste, con la excepción del otoño, cuando los vientos predominantes normalmente se cambian al suroeste (Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos 2009).

El diagrama de vientos predominantes que se presenta en la Figura 4-1 indica los datos de viento medidos entre el 1991 y el 1995 en el aeropuerto de Colón en Panamá. El aeropuerto de Colón está localizado en la costa de la zona noreste de Panamá, aproximadamente unos 105 kilómetros (km) al noreste del sitio de la mina, y aproximadamente 100 km al noreste del sitio del puerto. La velocidad promedio de viento registrada era de unos 4.3 metros por segundo (m/s), y condiciones de calma (velocidades de viento de menos de 0.5 m/s) ocurrieron menos del 1% del tiempo.

Figura 4-1 Diagrama de Vientos Predominantes Promedio de Cinco Años, Aeropuerto Colón, Panamá 1991 al 1995



VELOCIDAD DE VIENTO
(m/s)

- >= 11.1
- 8.8 - 11.1
- 5.7 - 8.8
- 3.6 - 5.7
- 2.1 - 3.6
- 0.5 - 2.1

Calmas: 0.08%

Notas: velocidad promedio de viento = 4.25 metros por segundo (m/s); % = porcentaje.

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de material particulado con un diámetro de 10 micrómetros o menos (PM_{10}) y de datos meteorológicos en la estación del campamento Colina se inició en noviembre del 2007, continuándose hasta enero del 2009. La recolección de datos meteorológicos y PM_{10} en la estación de Río Caimito se inició en diciembre del 2007, continuándose hasta enero del 2009. Debido a fallas en la operación de los E-BAMS, los datos PM_{10} no fueron medidos en la estación de Río Caimito entre julio del 2008 y diciembre del 2008, ni en la estación del campamento de Colina desde noviembre del 2008 hasta enero del 2009. Ambas estaciones de monitoreo medían datos meteorológicos de manera continua, a excepción de la humedad relativa. Debido a la falla de los sensores en ambos sitios, no se midió dato alguno de humedad relativa entre junio del 2008 y agosto del 2008 en la estación del campamento de Colina, ni de febrero del 2008 a agosto del 2008 en la estación de Río Caimito.

4.3 MONITOREO DEL PM_{10}

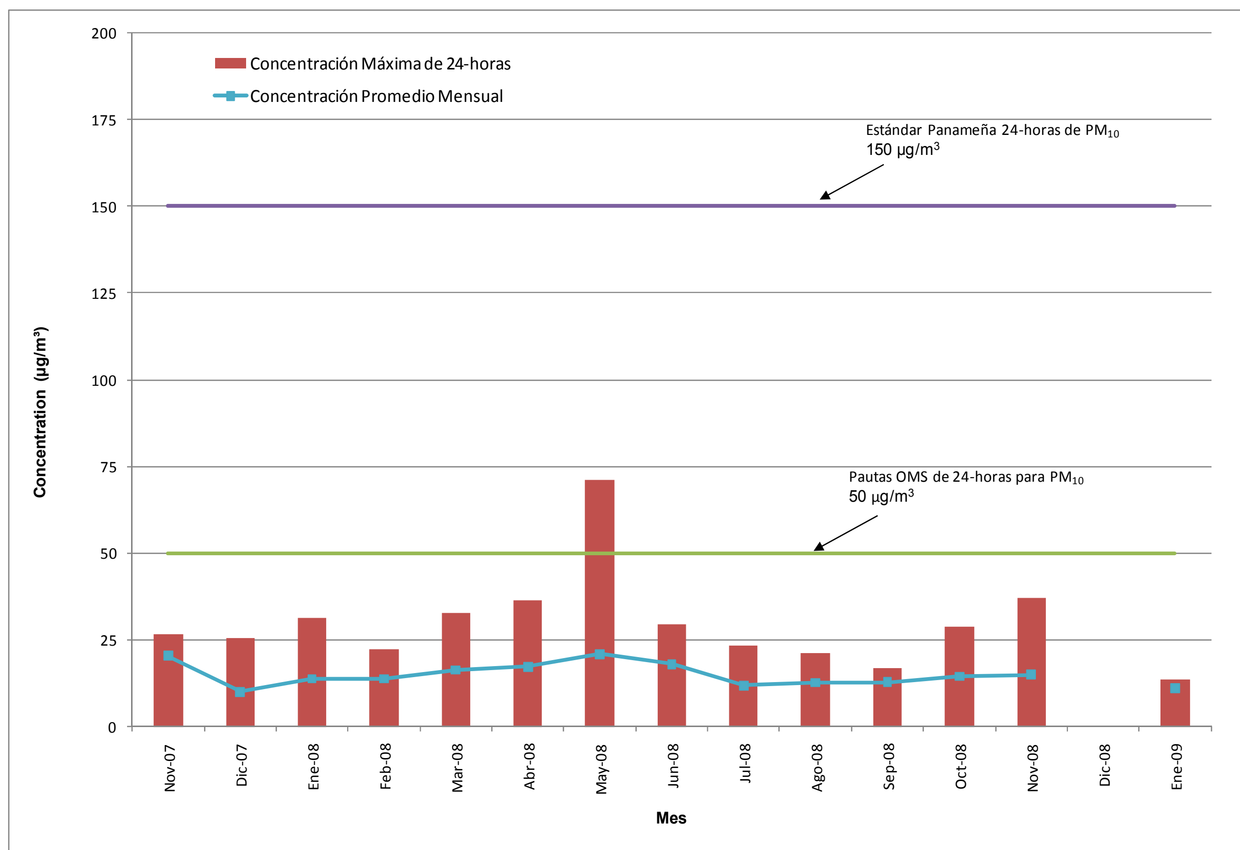
La Tabla 4-1 resume las concentraciones continuas de PM_{10} E-BAM medidas en ambas estaciones. La máxima concentración de 24-horas medida en la estación del campamento de Colina fue de 71 $\mu g/m^3$ el día 17 de mayo del 2008. La concentración del percentil 98 para 24-horas durante todo el período de monitoreo fue de 31 $\mu g/m^3$, o sea por debajo del valor de la norma de la OMS de 50 $\mu g/m^3$. La concentración promedio anual medida en la estación del campamento Colina fue de 15 $\mu g/m^3$, la cual está por debajo de los criterios anuales tanto panameñas como de la OMS. La Figura 4-2 presenta en forma gráfica las concentraciones medidas de 24-horas.

Tabla 4-1 Resumen de Concentraciones Continuas de PM_{10}

Parámetro	Concentración PM_{10} [$\mu g/m^3$]	
	Estación Campamento Colina	Estación Río Caimito
máximo de 24-horas	71	76
2do. más alto de 24-horas	41	73
percentil 99 de 24-horas	34	69
percentil 98 de 24-horas	31	58
promedio anual	15	26

Notas: $\mu g/m^3$ = microgramos por metro cúbico; PM_{10} = material particulado de menos de 10 μm (micrómetros) en diámetro.

Figura 4-2 Resumen de Concentraciones Mensuales de PM10 en la Estación del Campamento Colina



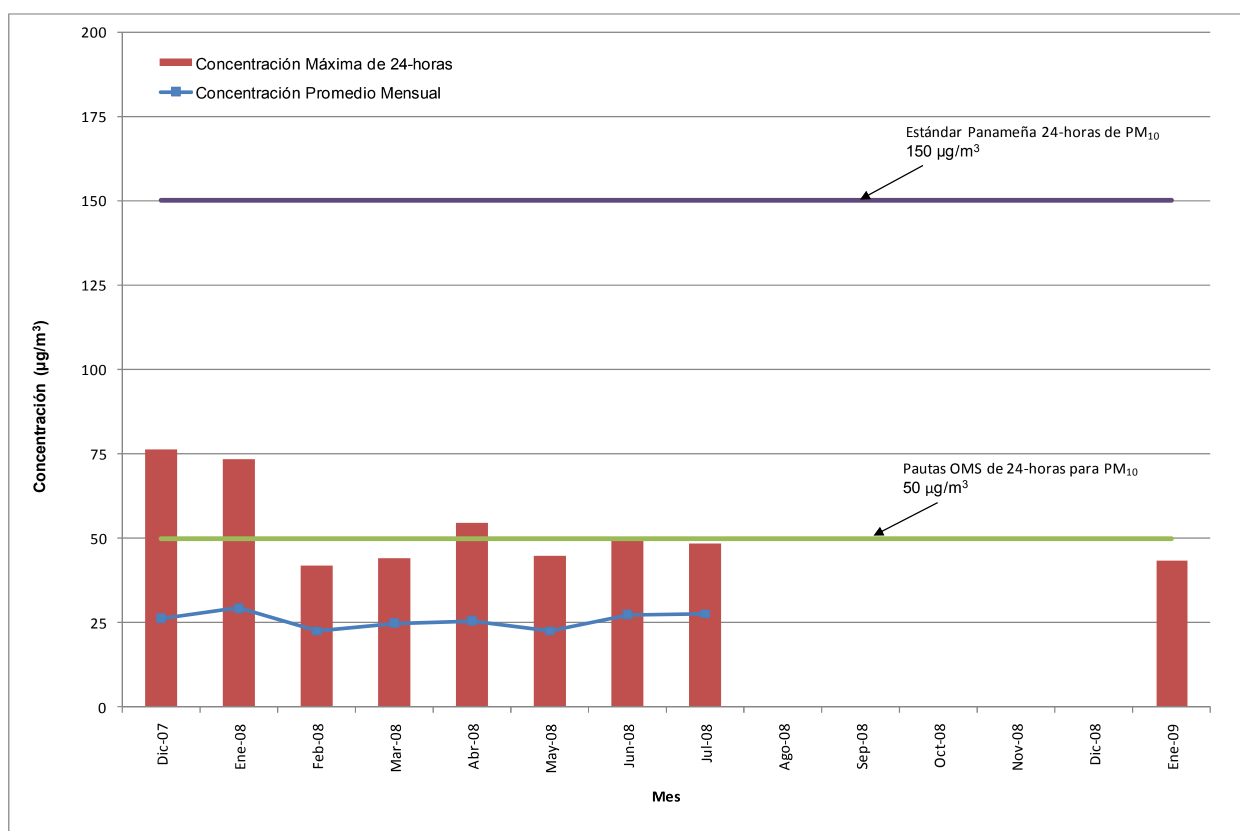
Notas: Datos no disponibles de noviembre 2008 a enero 2009 debido a falla de sensores; µg/m^3 = microgramos por metro cúbico; OMS = Organización Mundial de la Salud; PM_{10} = material particulado con diámetro de 10 micrómetros o menos.

Durante el período de monitoreo, había actividad de construcción moderada en el área de la estación del campamento Colina, incluyendo la construcción de la carretera y de la oficina del campamento minero. También hubo mucho tráfico minero en la carretera adyacente. Estas actividades habrían contribuido a la totalidad o parte de las concentraciones de PM_{10} medidas en la estación del campamento Colina. Aunque la humedad es elevada y hay mucha lluvia en la zona, el calentamiento diurno puede producir importantes flujos por evaporación superficial. Por consiguiente, podría existir un mayor potencial de partículas suspendidas en el aire producto de varias actividades, incluyendo las mencionadas anteriormente.

La máxima concentración de 24-horas medida en la estación de Río Caimito fue de 76 µg/m^3 el día 25 de diciembre del 2007. La segunda concentración más elevada fue de 73 µg/m^3 el día 5 de enero del 2008. La concentración de 24-horas del percentil 98 durante todo el período de monitoreo fue de 58 µg/m^3, el cual está por

debajo de la norma panameña de 150 µg/m^3. La concentración del 99no percentil de 24-horas durante todo el período de monitoreo fue de 69 µg/m³, la cual está por encima del valor de la norma de la OMS pero por debajo del objetivo-3 provisional de 75 µg/m³. La concentración promedio anual medida en la estación de Río Caimito fue de 26 µg/m³, la cual está por debajo de la norma panameña pero por encima de la norma de la OMS. Las concentraciones medidas de 24-horas son presentadas en forma gráfica en la Figura 4-3.

Figura 4-3 Resumen de Concentraciones Mensuales de PM_{10} en la Estación de Río Caimito



Nota: Datos no disponibles entre julio 2008 y diciembre 2008 debido a falla de sensores; µg/m^3 = microgramos por metro cúbico; OMS = Organización Mundial de la Salud; PM_{10} = material particulado con diámetro de 10 micrómetros o menos.

En sentido general, las concentraciones de PM_{10} fueron más elevadas en la estación de Río Caimito que en el campamento de Colina. En Río Caimito se presentaron ocho días con concentraciones que excedieron el valor de la norma de la OMS de 24-horas para PM_{10} de 50 µg/m³. De estas concentraciones, siete ocurrieron entre los días 12 de diciembre del 2007 y 8 de enero del 2008. Ya que hay un mínimo de tráfico vehicular en la zona de la estación de monitoreo, y la energía eléctrica en el pueblo la

suministran pequeñas plantas generadoras portátiles, las elevadas concentraciones podrían haber sido consecuencia de actividades de limpieza de terrenos en el pueblo local (es decir, quema de vegetación) durante el período en cuestión. Las elevadas concentraciones también ocurrieron durante la época más seca del año cuando otras partículas depositadas en el aire podrían originarse en las superficies expuestas, incluyendo playas.

A pesar de que las emisiones de PM_{10} generalmente son atribuidas a la combustión proveniente de fuentes industriales y del tráfico, la sal de mar suspendida en el aire también podría contribuir a concentraciones de PM_{10} en el ambiente en las zonas costeras. Un estudio de la calidad de aire en la costa este del Reino Unido determinó que el contenido estimado de sal marina del PM_{10} variaba entre un 15% y un 40% con un promedio de un 28% (Angus Council 2006). A pesar de que las partículas marinas de las mediciones del PM_{10} en la estación de Río Caimito no fueron determinadas de manera explícita, las mismas podrían haber contribuido a las elevadas concentraciones de PM_{10} que se observaron en esta estación.

4.4 MONITOREO METEOROLÓGICO

4.4.1 Estación del Campamento Colina

La captación de datos para velocidad de viento, dirección de viento, temperatura, presión barométrica, y radiación solar en la estación del campamento Colina excedió el 99% para todo el período de recolección de datos. Debido a fallas del sensor entre mayo del 2008 y setiembre del 2008, la captación de datos de humedad relativa quedó limitada a aproximadamente un 74%. El sensor fue sustituido el día 19 de setiembre del 2008. Estos datos son presentados en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2 Resumen de Parámetros Meteorológicos Medidos en la Estación de Monitoreo del Campamento Colina

Parámetro Meteorológico	Campamento Colina	
	Valor Promedio	Captación de Datos (%)
velocidad de viento (m/s)	1.3	99.9
desviación estándar de la dirección de viento horizontal (grados)	57.9	99.9
temperatura (°C)	24.6	99.9
presión barométrica (mb)	994.0	99.9
humedad relativa (porcentaje)	81.0	73.8
radiación solar (W/m^2)	172.6	99.9

Notas: °C = grados Celsius; m/s = metros por segundo; W/m^2 = vatios por metro cuadrado; mb = milibares; el promedio de la radiación solar no excluye las horas nocturnas.

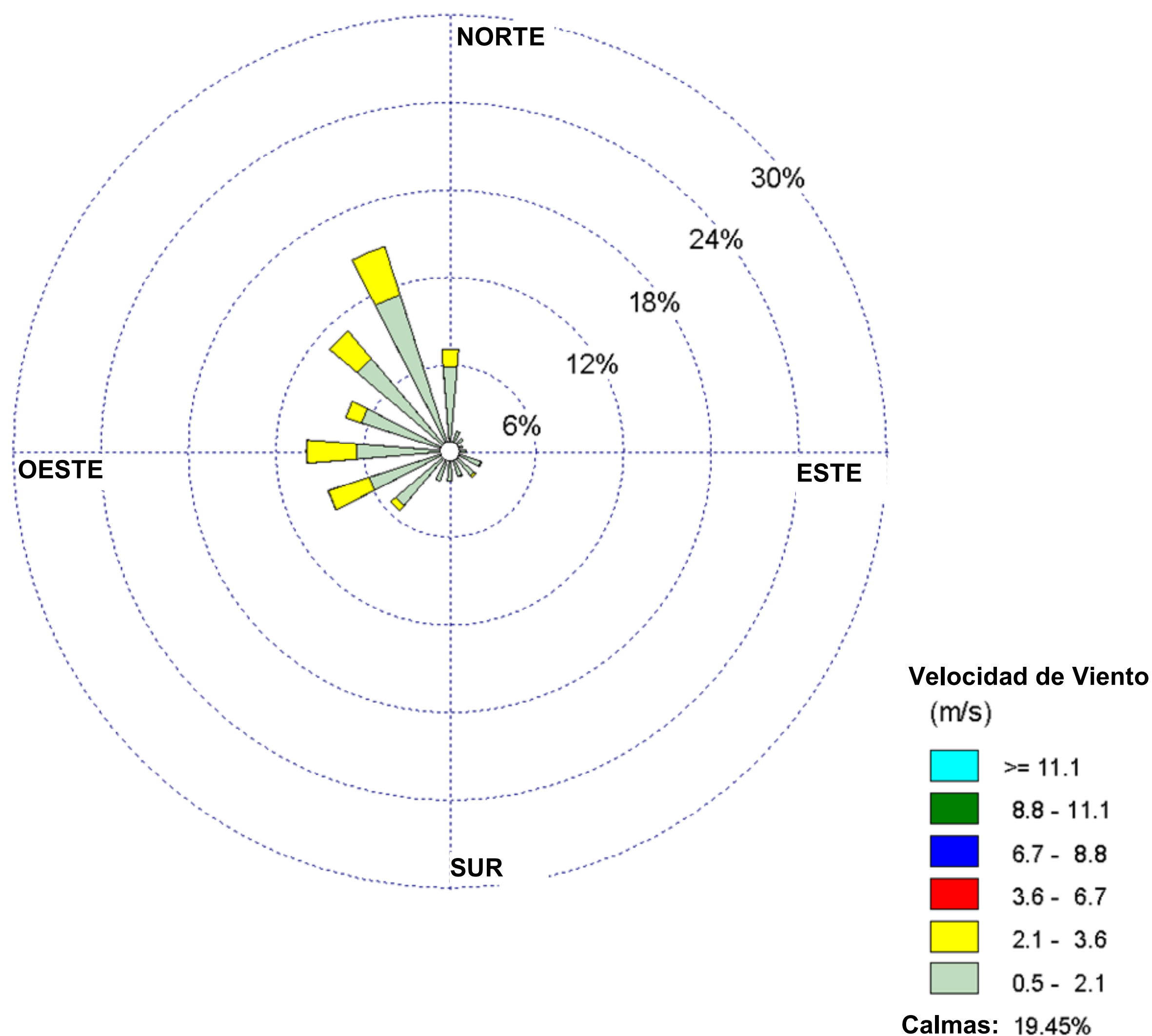
4.4.1.1 Viento

Las condiciones de viento se consideraban “calmadas” durante los períodos cuando las velocidades registradas de viento eran de 0.5 m/s o menos. Durante el año los vientos en la estación del campamento Colina venían consistentemente del norte-noroeste, tal como se indica en el diagrama anual de vientos predominantes del 2008 (Figura 4-4). Las velocidades del viento nunca excedieron los 3.6 m/s, y las condiciones calmadas prevalecieron durante el 20% del año aproximadamente. Los diagramas trimestrales (3-meses) de vientos predominantes del 2008 son presentados en las Figuras 4-5 al 4-8 respectivamente. Durante el primer trimestre, es evidente que los vientos del este ocurrían con poca frecuencia, mientras que el patrón dominante de los vientos se asemejaba estrechamente al patrón anual de los vientos. La influencia de los vientos del noroeste se dio de manera significativa en el segundo y el tercer trimestre del 2008 (Figuras 4-6 y 4-7, respectivamente), y las condiciones calmadas predominaron durante la tercera parte del tercer trimestre aproximadamente. La dirección del viento cambiaba desde el noroeste hacia el oeste durante el cuarto trimestre del año.

La velocidad promedio anual registrada en la estación del campamento Colina fue 1.3 m/s. La Figura 4-9 presenta la velocidad promedio mensual del viento en la estación. La velocidad promedio mínima del viento fue 0.9 m/s en agosto y setiembre del 2008, con una velocidad máxima promedio de 1.7 m/s en diciembre del 2008. La velocidad registrada del viento típicamente fue mayor en los meses de invierno, y menor durante el verano. La persistencia de condiciones calmadas en este lugar podría ser el resultado de la influencia del dosel de los árboles en los alrededores, y las estadísticas del viento en la estación del campamento Colina deben ser interpretadas con cautela.

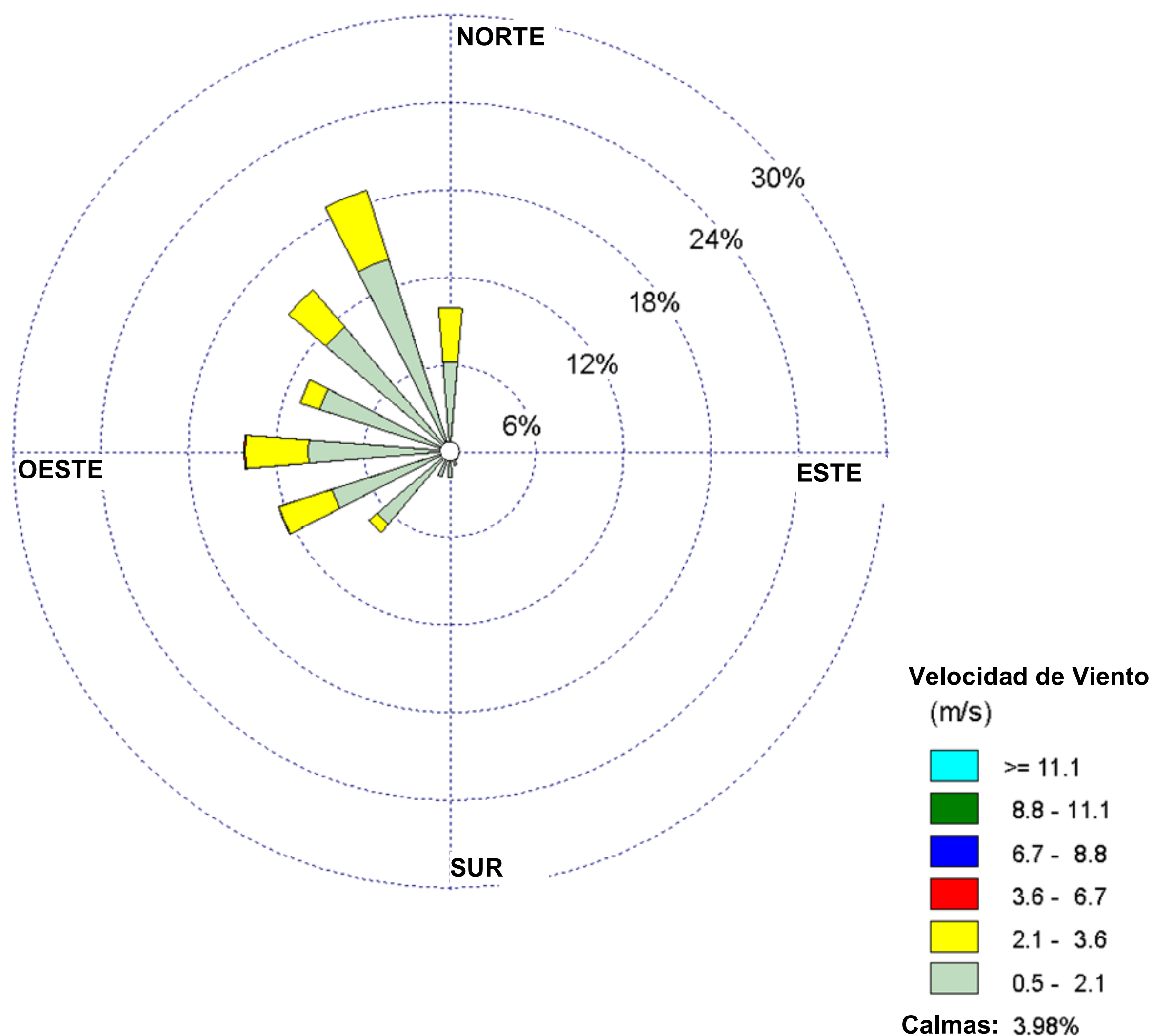
La desviación estándar promedio de la dirección horizontal del viento (una medición de la variabilidad en la dirección del viento) en la estación del campamento Colina era de 57.9 grados, según se indica en la Figura 4-10. La figura indica que durante los meses de baja velocidad promedio del viento, la desviación estándar de la dirección horizontal del viento tiene la tendencia de aumentar.

Figura 4-4 Diagrama Anual de Vientos Predominantes en la Estación del Campamento Colina



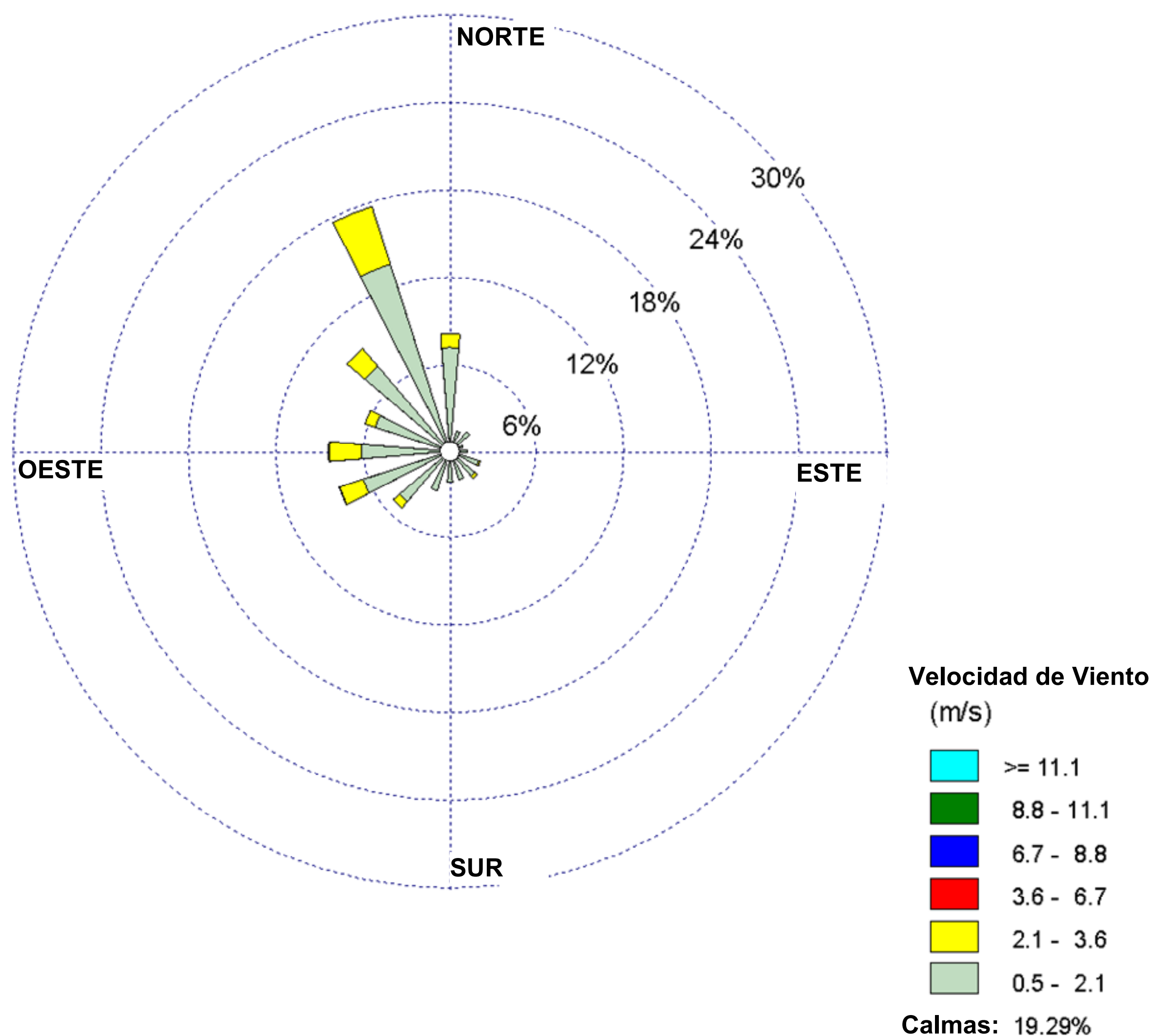
Notas: velocidad promedio de viento = 1.16 metros por segundo (m/s); % = porcentaje.

Figura 4-5 Diagrama de Primer Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación del Campamento Colina



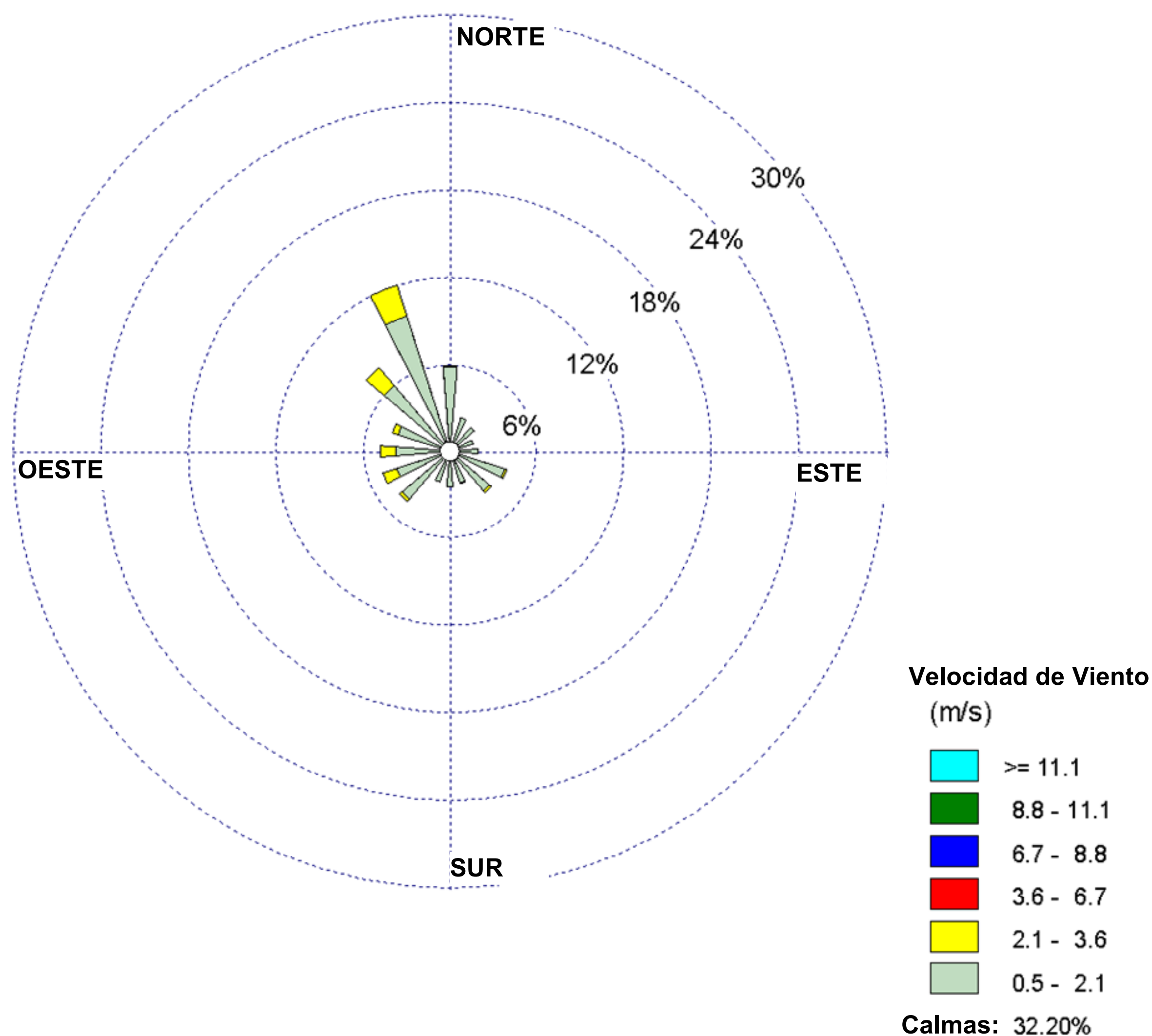
Notas: velocidad promedio de viento = 1.48 metros por segundo (m/s); % = porcentaje.

Figura 4-6 Diagrama de Segundo Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación del Campamento Colina



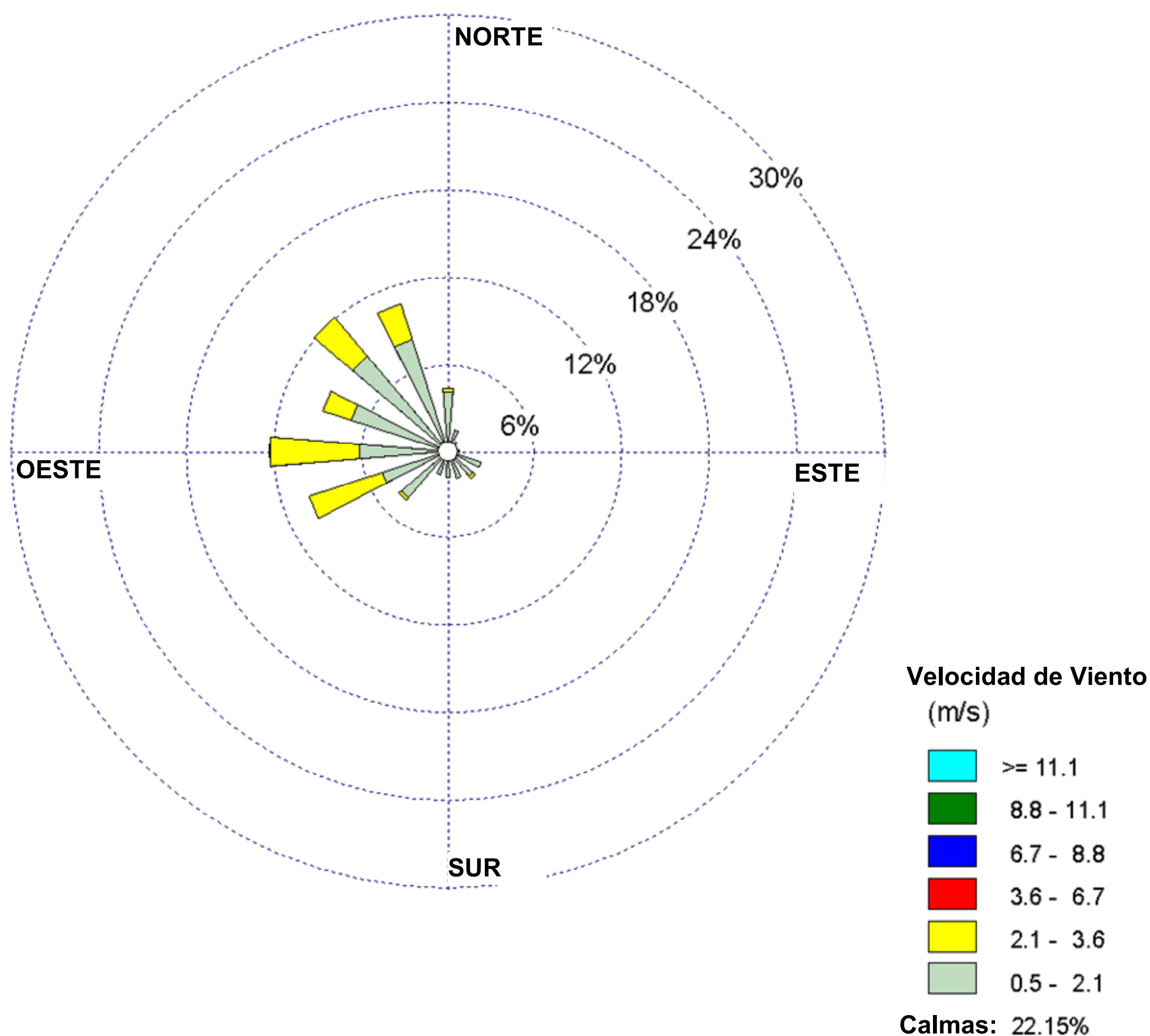
Notas: velocidad promedio de viento = 1.09 metros por segundo (m/s); % = porcentaje.

Figura 4-7 Diagrama de Tercer Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación del Campamento Colina



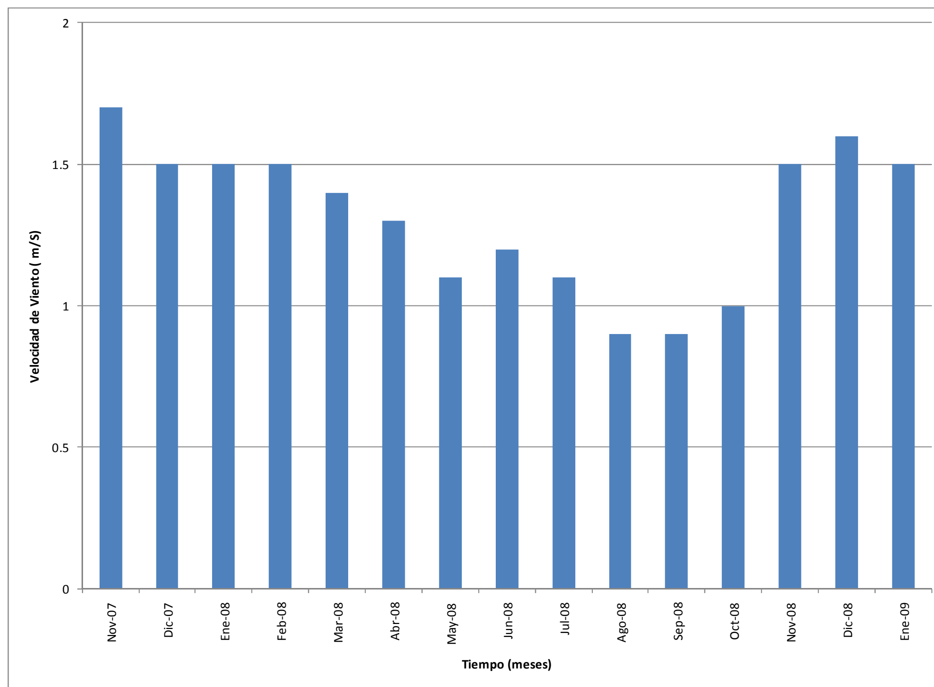
Notas: velocidad promedio de viento = 0.83 metros por segundo (m/s); % = porcentaje.

Figura 4-8 Diagrama de Cuarto Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación del Campamento Colina



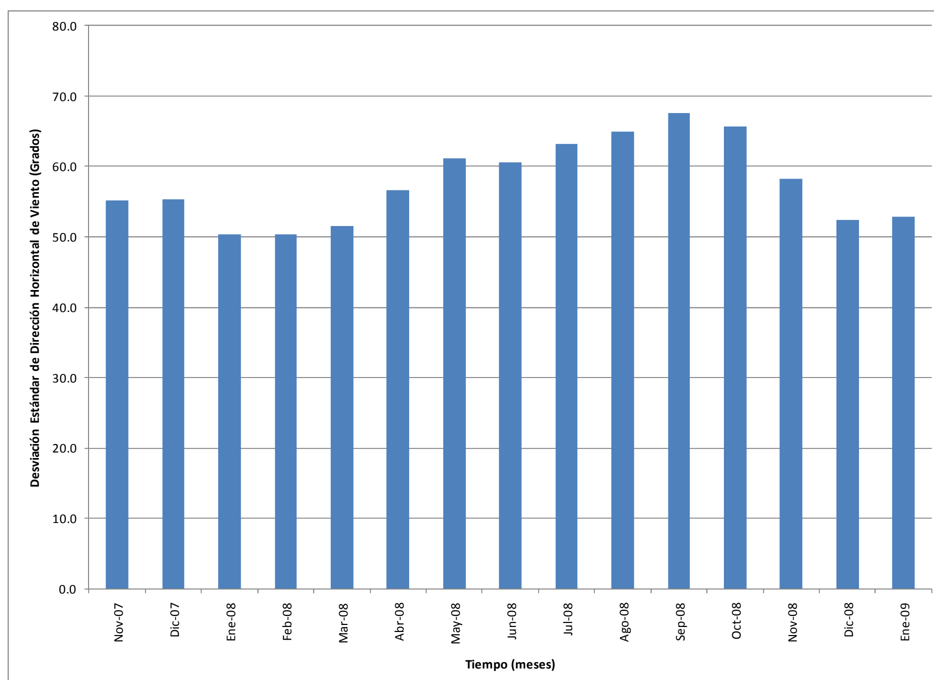
Notas: velocidad promedio de viento = 1.25 metros por segundo (m/s); % = porcentaje.

Figura 4-9 Resumen Mensual de Velocidad de Viento en la Estación del Campamento Colina



Nota: m/s = metros por segundo.

Figura 4-10 Resumen Mensual de Desviación Estándar de Dirección Horizontal de Viento



4.4.1.2 Temperatura

La temperatura promedio registrada en la estación del campamento Colina era de 24.6°C (Tabla 4-2). La Figura 4-11 presenta las temperaturas promedio mensuales. La temperatura se mantuvo estable durante el año con un promedio mínimo mensual de 23.6°C en enero del 2009, y un promedio máximo mensual de 25.5°C en setiembre del 2008.

4.4.1.3 Presión Barométrica

La presión barométrica tuvo un promedio de 944 milibares (mb) en la estación del campamento Colina, y permaneció estable durante el año con una variación de solamente 3 mb (según se indica en la Figura 4-12).

4.4.1.4 Humedad Relativa

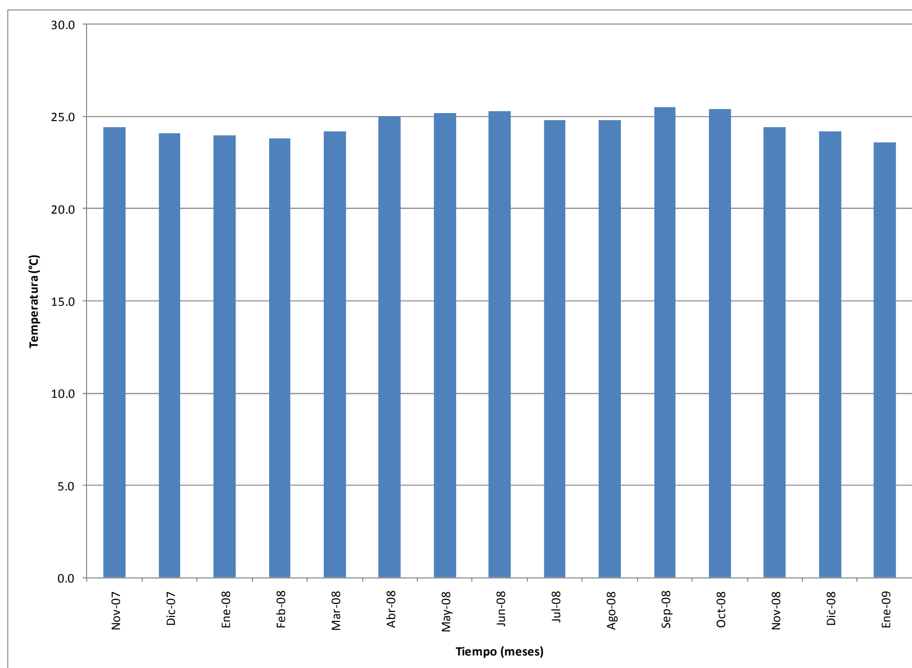
Durante el período de medición, la humedad relativa en promedio fue de 81% en la estación del campamento Colina. Aproximadamente un 26% de los datos del año no fueron captados debido a la falla del sensor entre junio y agosto del 2008. Para deducir los valores de la humedad relativa en la estación del campamento Colina durante este período, se pueden usar los valores medidos entre junio y agosto en las estaciones regionales, para estimar los valores de los datos faltantes. La Figura 4-13 indica que la humedad relativa tuvo una variación de un 11% durante el resto del año, con promedios mensuales que variaban entre un 76% en marzo del 2008 y un 87% en noviembre del 2008 (Figura 4-13).

4.4.1.5 Radiación Solar

El margen normal de la radiación solar en el trópico es alrededor de 180 a 240 W/m^2, debido al elevado nivel de humedad y la capa nubosa (Graham y Chorley 2003).

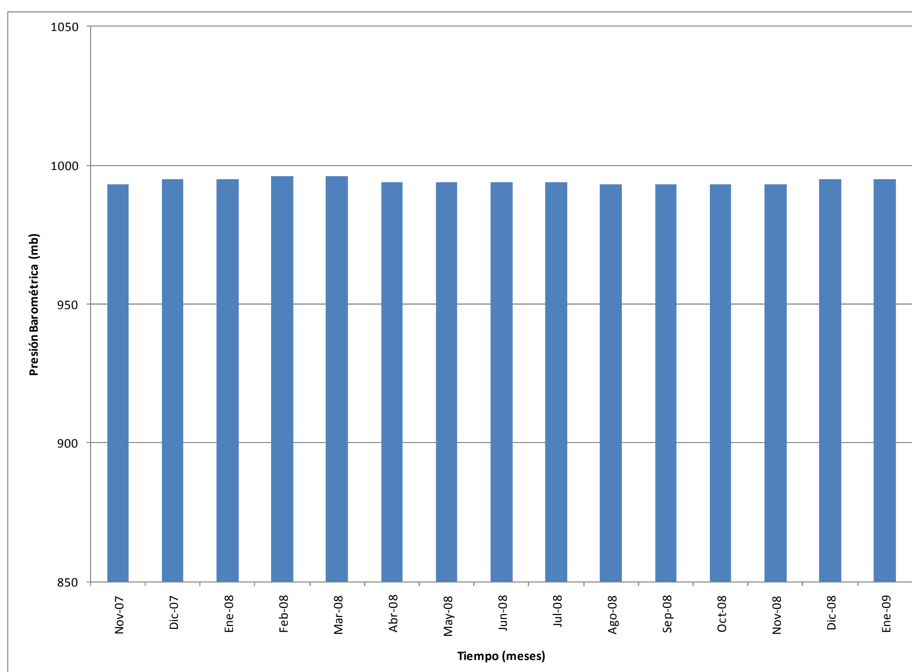
La radiación solar tuvo un promedio de 173 vatios por metro cuadrado (W/m^2) en la estación del campamento Colina (Tabla 4-2). La Figura 4-14 presenta la radiación solar promedio registrada en la estación. Los promedios mensuales variaban entre 118 W/m^2 en enero del 2009 hasta 222 W/m^2 en marzo del 2008. Es probable que el patrón irregular de variaciones observadas pueda atribuirse a diferencias estacionales en la capa nubosa.

Figura 4-11 Resumen Mensual de Temperatura en la Estación del Campamento Colina



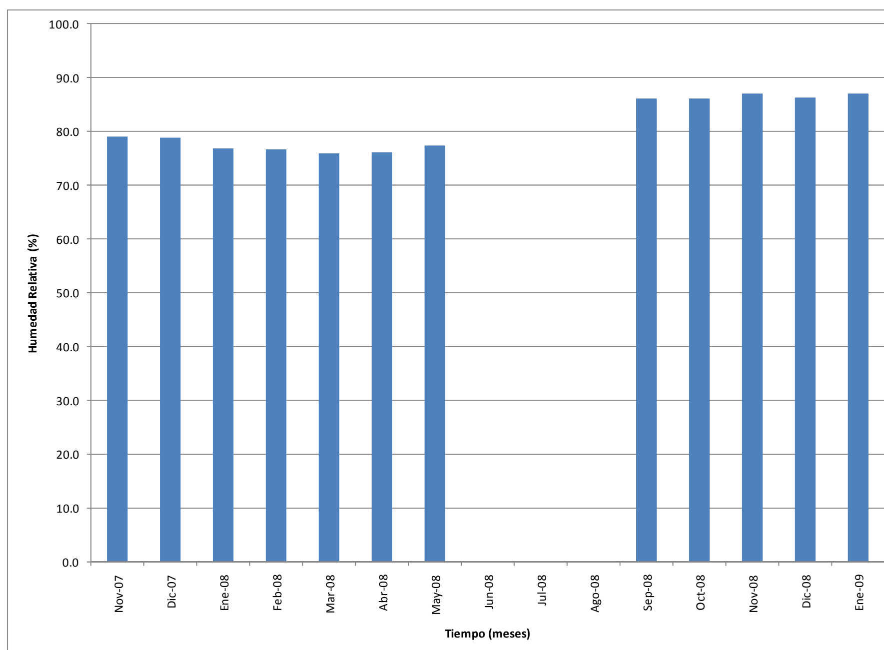
Nota: °C = grados Celsius.

Figura 4-12 Resumen Mensual de la Presión Barométrica en la Estación del Campamento Colina



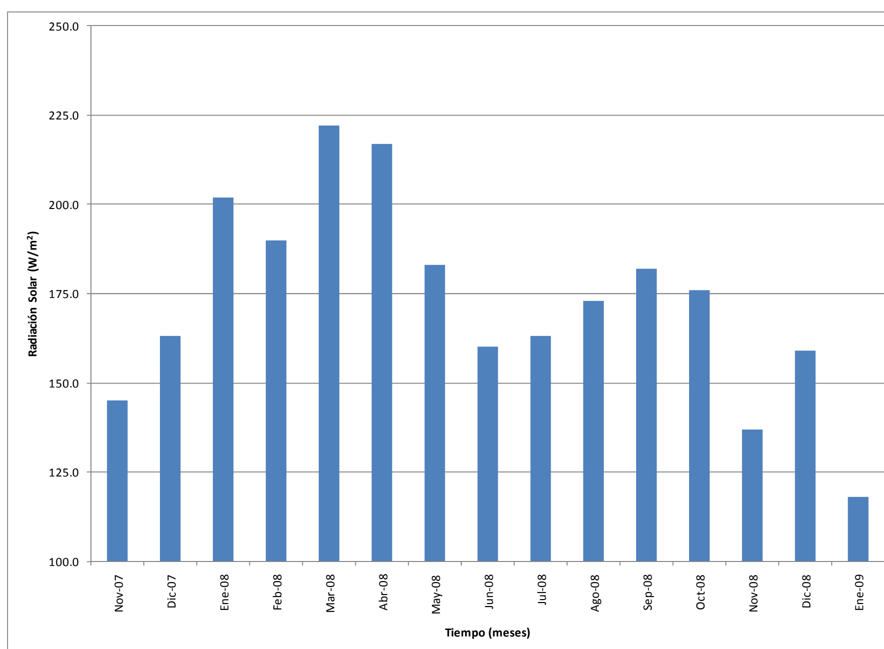
Nota: mb = milibares.

Figura 4-13 Resumen Mensual de la Humedad Relativa en la Estación del Campamento Colina



Nota: no se dispone de mediciones para los meses de junio, julio y agosto 2008 debido a la falla del sensor.

Figura 4-14 Resumen Mensual de la Radiación Solar en la Estación del Campamento Colina



Nota: W/m^2 = vatios por metro cuadrado.

4.4.2 Estación de Río Caimito

La captación de datos para la velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, presión barométrica y radiación solar en la estación de Río Caimito fue de un 100 % durante el período de recolección de datos. Este nivel de suficiencia le da validez a los estimados de la línea base, ya que se registró toda la gama estacional de datos. La captación de datos de la humedad relativa quedó limitada a un 40 % debido a la falla del sensor desde febrero hasta agosto del 2008. El sensor de humedad relativa fue sustituido el día 20 de setiembre del 2008. La Tabla 4-3 presenta un resumen de los datos.

Tabla 4-3 Resumen de Parámetros Meteorológicos Medidos en la Estación de Río Caimito

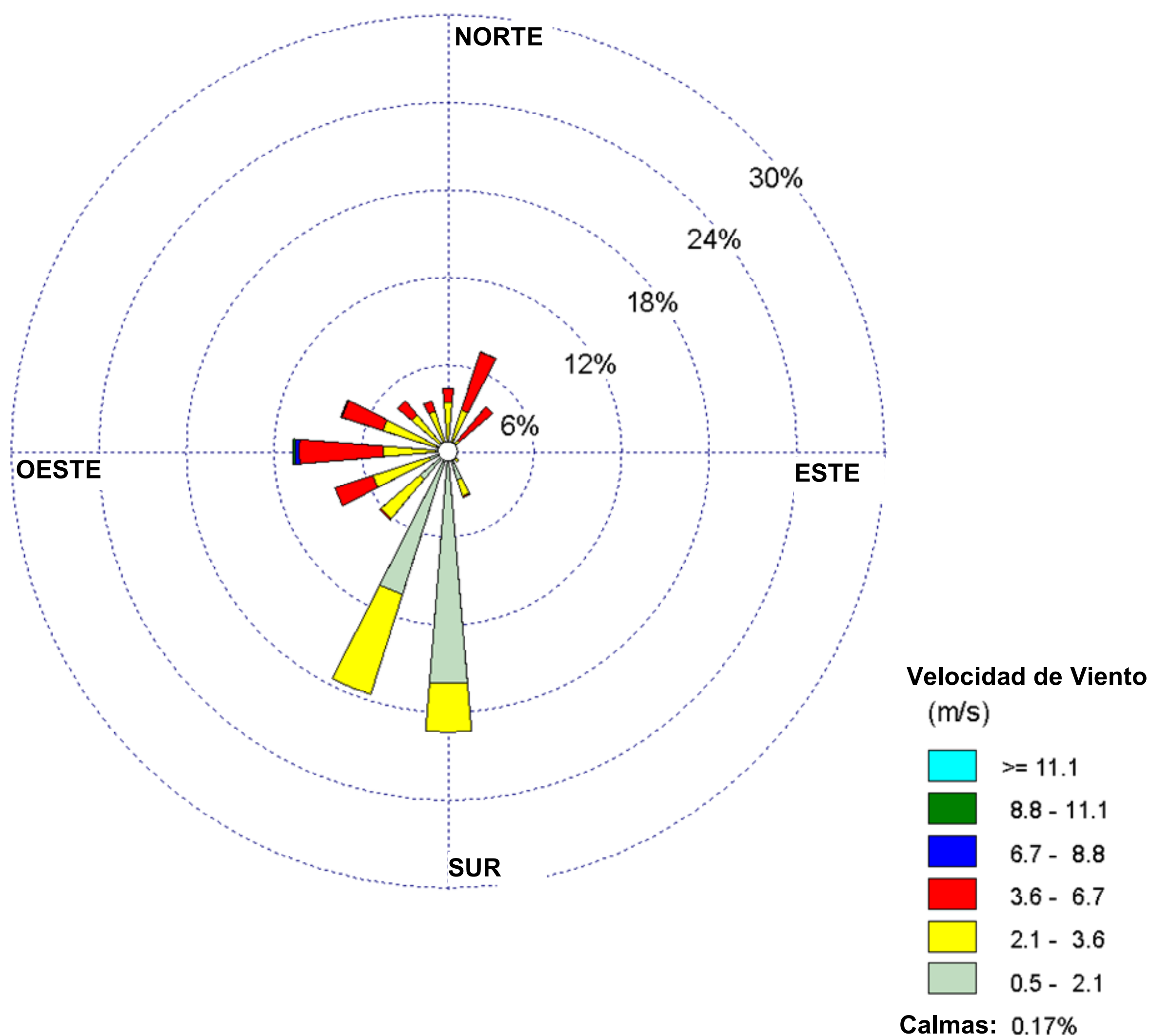
Parámetro Meteorológico	Estación de Río Caimito	
	Valor Promedio	Captación de Datos (porcentaje)
velocidad de viento (m/s)	2.7	100
desviación estándar de dirección horizontal de viento (grados)	24.7	100
temperatura (°C)	25.8	100
presión barométrica (mb)	1,008.0	100
humedad relativa (porcentaje)	83.6	40.2
radiación solar (W/m^2)	179.3	100

Notas: °C = grados Celsius; m/s = metros por segundo; W/m^2 = vatios por metro cuadrado; mb = milibares.

4.4.2.1 Viento

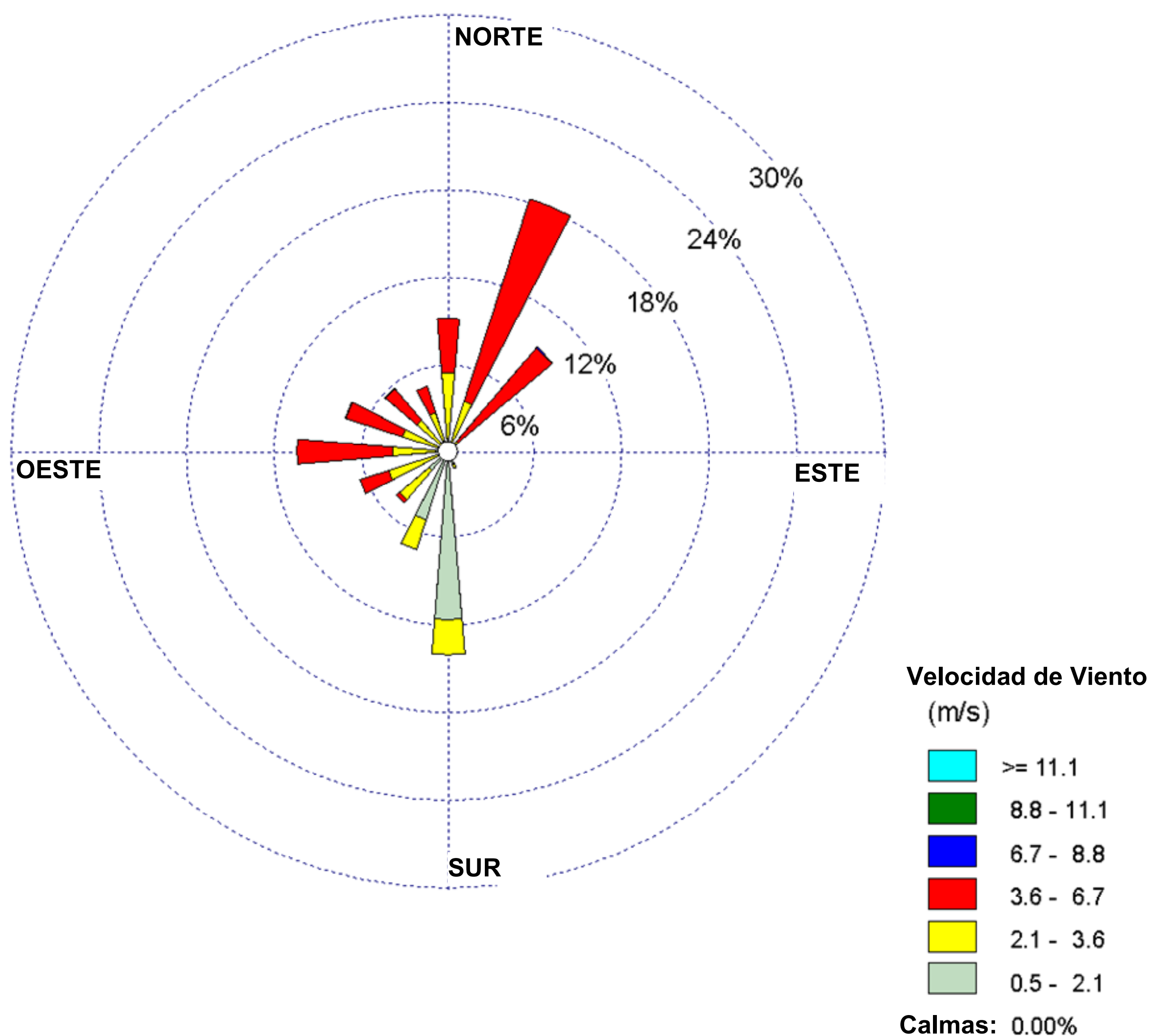
Durante el año los vientos en la estación de Río Caimito fueron principalmente los que venían sur-suroeste, tal como se indica en el diagrama anual de vientos predominantes del 2008 (Figura 4-15). Aunque aproximadamente un 40% de los vientos anuales venían de esta dirección, estas velocidades de viento también quedaron entre las más bajas que se registraron, quedando en 3.6 m/s o menos. Las velocidades de viento más elevadas que se observaron vinieron de direcciones donde las frecuencias de viento eran típicamente bajas. Las Figuras 4-16 hasta 4-19 presentan los diagramas trimestrales de vientos predominantes del 2008. La Figura 4-16 indica un aumento sustancial de los vientos fuertes provenientes de la dirección norte-noreste durante el primer trimestre. Este aumento podría ser un reflejo de los vientos alisios anuales que son comunes en el Caribe durante esta época del año. Los vientos del suroeste fueron especialmente dominantes durante el segundo y tercer trimestre, con un cambio notable en el cuarto trimestre a favor de velocidades más elevadas de los vientos desde el oeste (Figuras 4-17 y 4-18).

Figura 4-15 Diagrama Anual de Vientos Predominantes en la Estación de Río Caimito



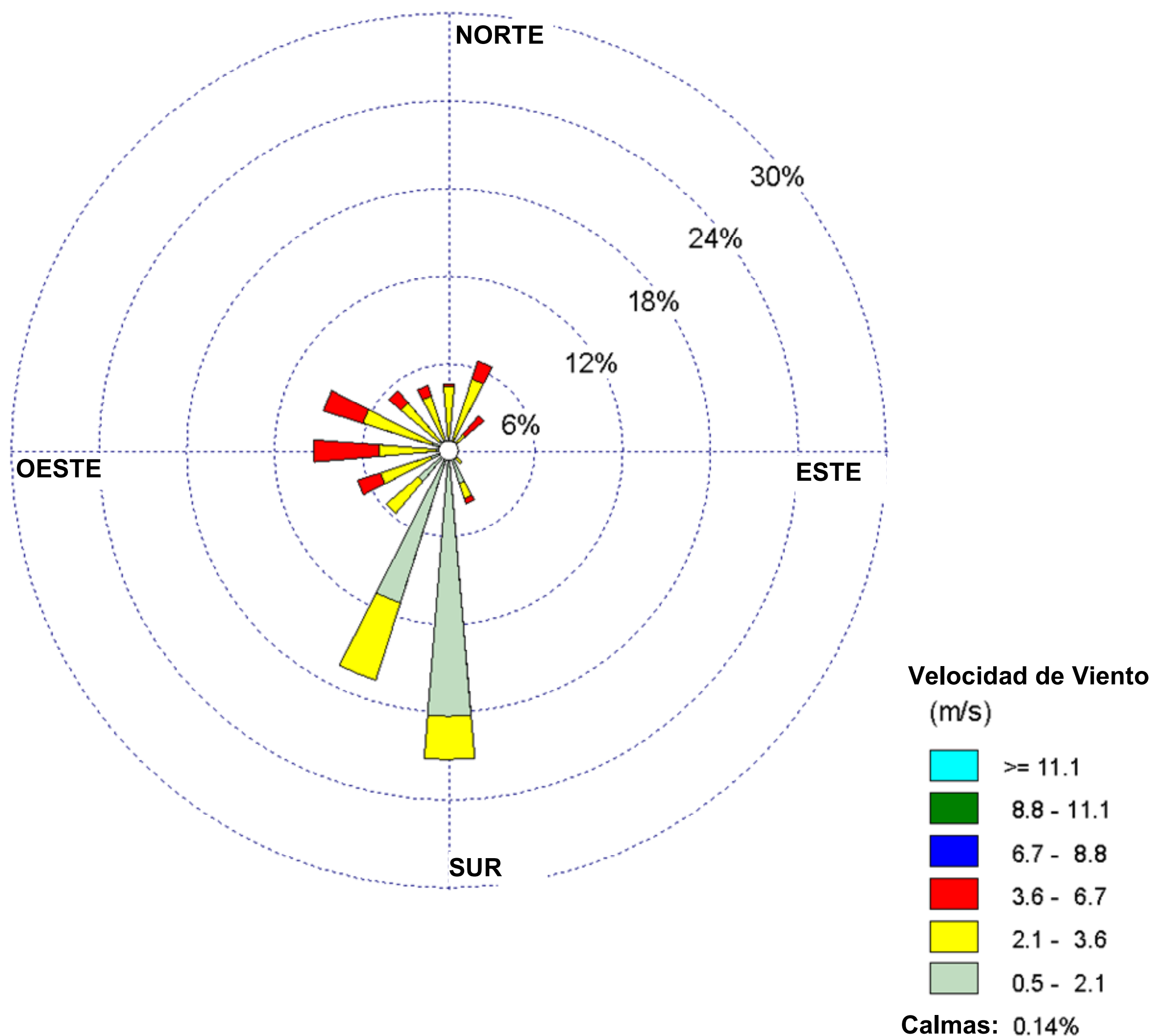
Notas: velocidad promedio de viento = 2.72 metros por segundo (m/s); % = porcentaje.

Figura 4-16 Diagrama de Primer Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación de Río Caimito



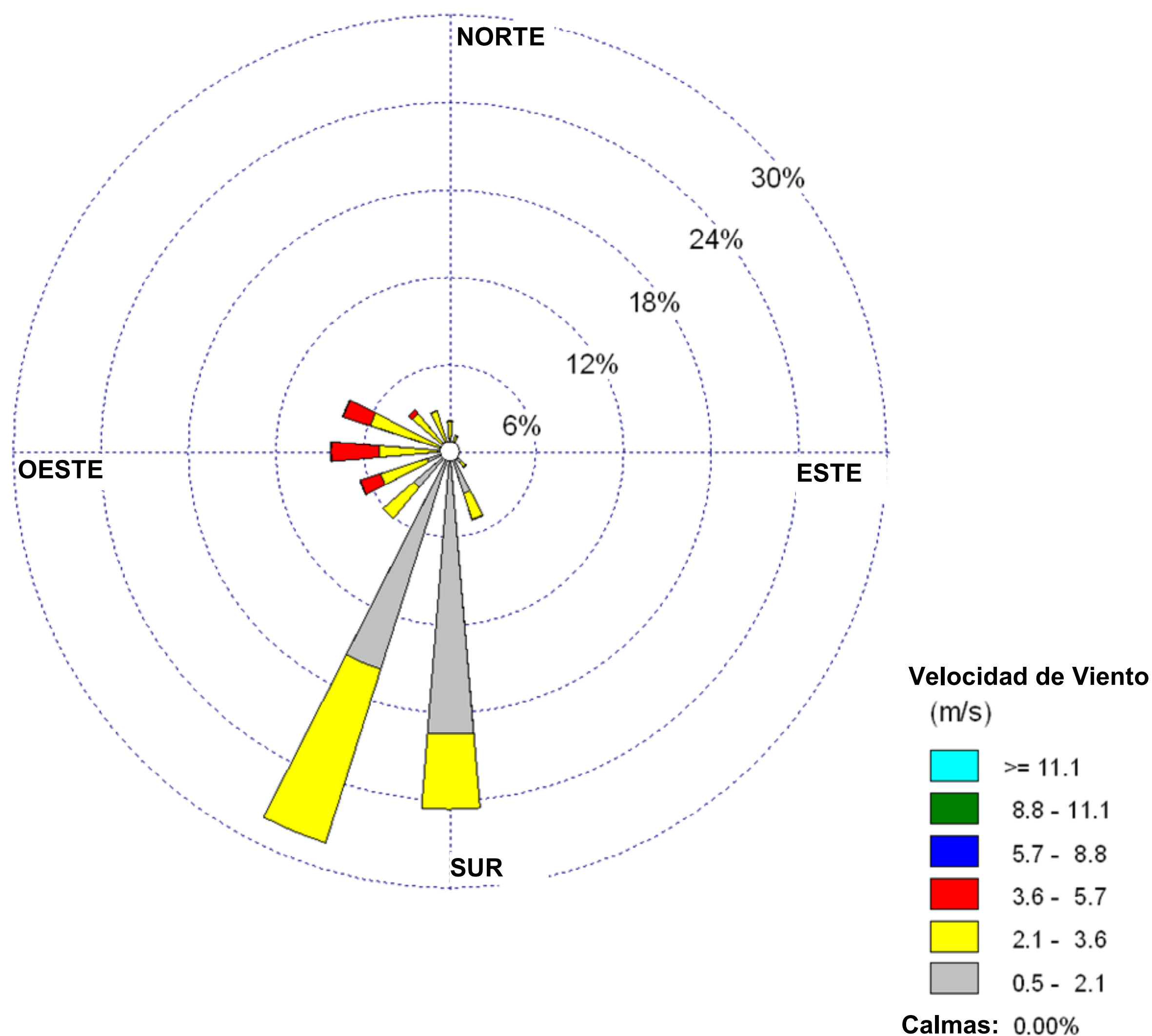
Notas: velocidad promedio de viento = 3.29 metros por segundo (m/s); % = porcentaje.

Figura 4-17 Diagrama de Segundo Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación de Río Caimito



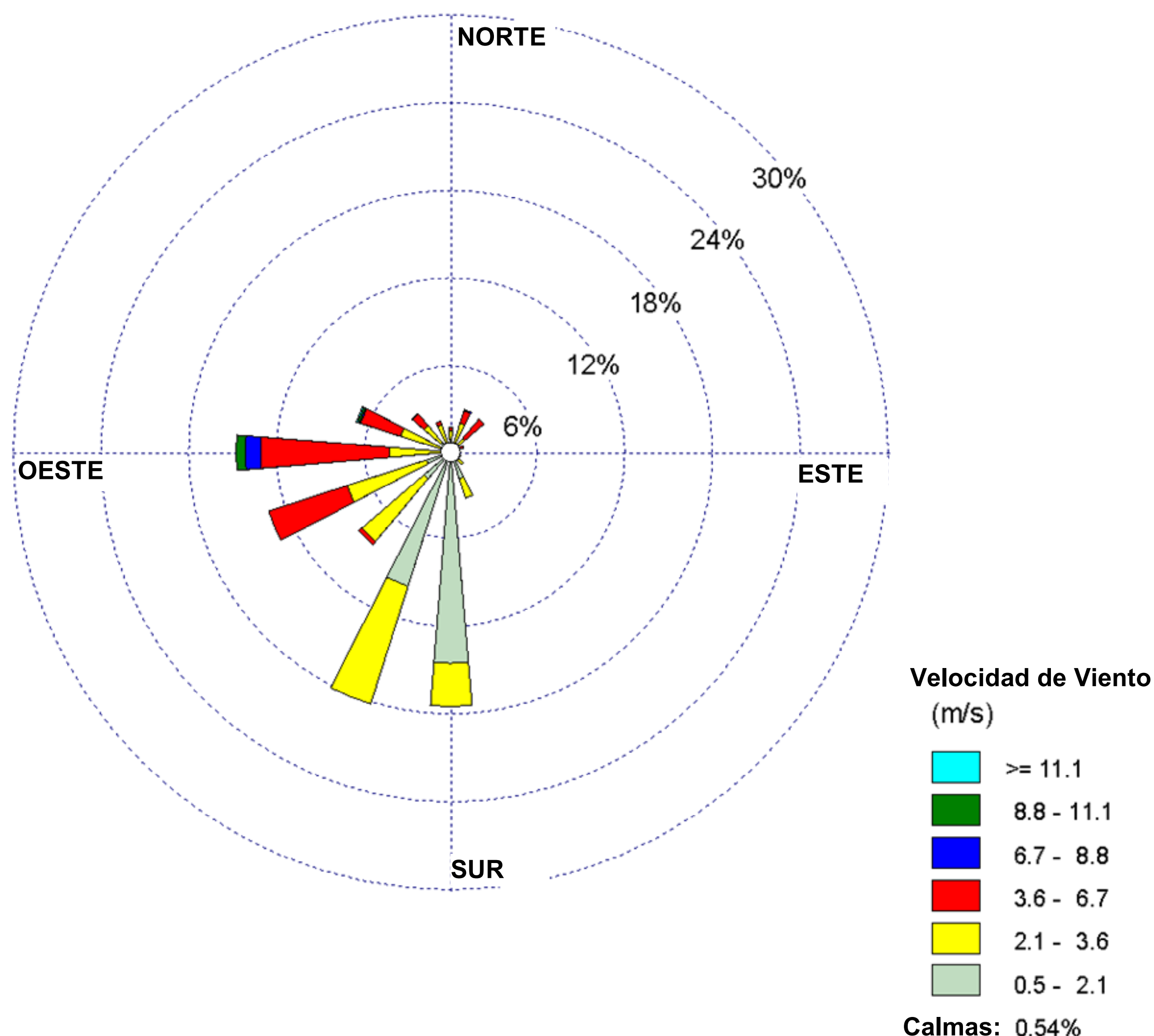
Notas: velocidad promedio de viento = 2.49 metros por segundo (m/s); % = porcentaje.

Figura 4-18 Diagrama de Tercer Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación de Río Caimito



Notas: velocidad promedio de viento = 2.28 metros por segundo (m/s); % = porcentaje.

Figura 4-19 Diagrama de Cuarto Trimestre de Vientos Predominantes en la Estación de Río Caimito



Notas: velocidad promedio de viento = 2.80 metros por segundo (m/s); % = porcentaje

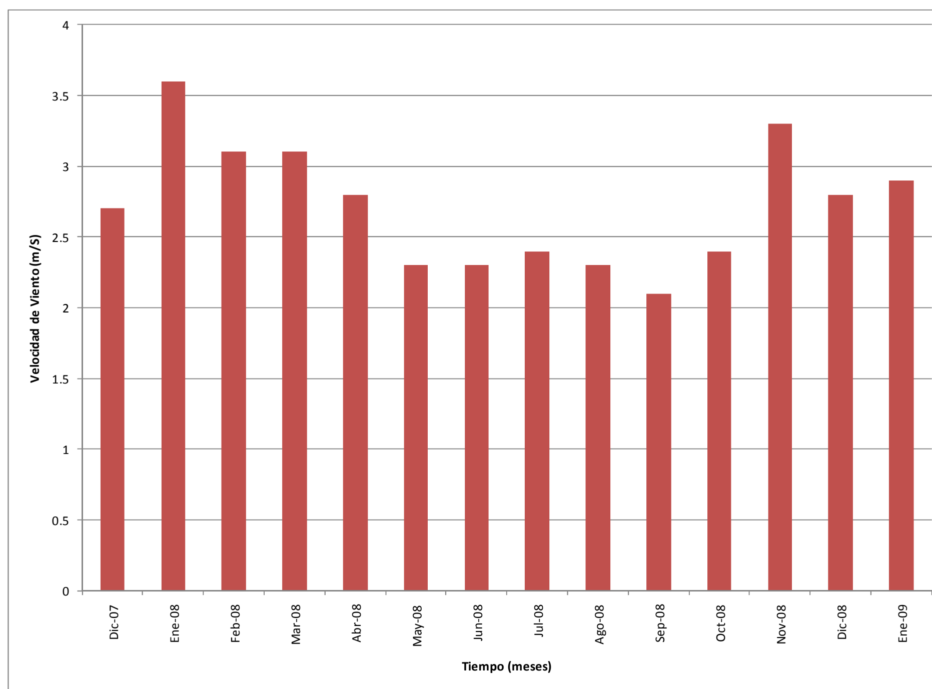
Ya que la estación de Río Caimito está cerca de la costa, la dirección de los vientos desde el sur y que se observaron durante el segundo y tercero trimestre podrían atribuirse a la presencia de brisas constantes en tierra durante los meses de la primavera y el verano. Esto representa un contraste con la dirección dominante del viento desde el noroeste que se observó tierra adentro en la estación Colina.

La velocidad mensual promedio del viento registrada en la estación de Río Caimito fue 2.7 m/s, según se indica en (Figura 4-20). A diferencia de los vientos medidos en la estación del campamento Colina, casi nunca se observaron condiciones de vientos calmados. La velocidad del viento también es mayor en está estación que en la estación del campamento Colina, porque la estación de Río Caimito está mucho más cerca de la costa donde los vientos permanecen relativamente sin cambios en los valores que tienen sobre las aguas de la costa. A pesar de que las velocidades del viento son más elevadas en la estación de Río Caimito, Panamá está localizada muy al sur como para recibir impactos apreciables de las actividades ciclónicas (huracanes) ocurridas en el hemisferio norte.

La velocidad promedio mensual del viento en la estación de Río Caimito variaba entre 2.1 m/s en setiembre del 2008 y 3.6 m/s en enero del 2008. El porcentaje anual del tiempo cuando se observaron vientos calmados era menos del 1%, y el porcentaje más elevado era de un 0.5% en el cuarto trimestre del 2008, y con ausencia total de períodos de calma durante el primer y tercer trimestre. Las velocidades más elevadas del viento fueron registradas durante el primer y cuarto trimestre, y las velocidades más elevadas que se observaron venían del oeste durante el cuarto trimestre.

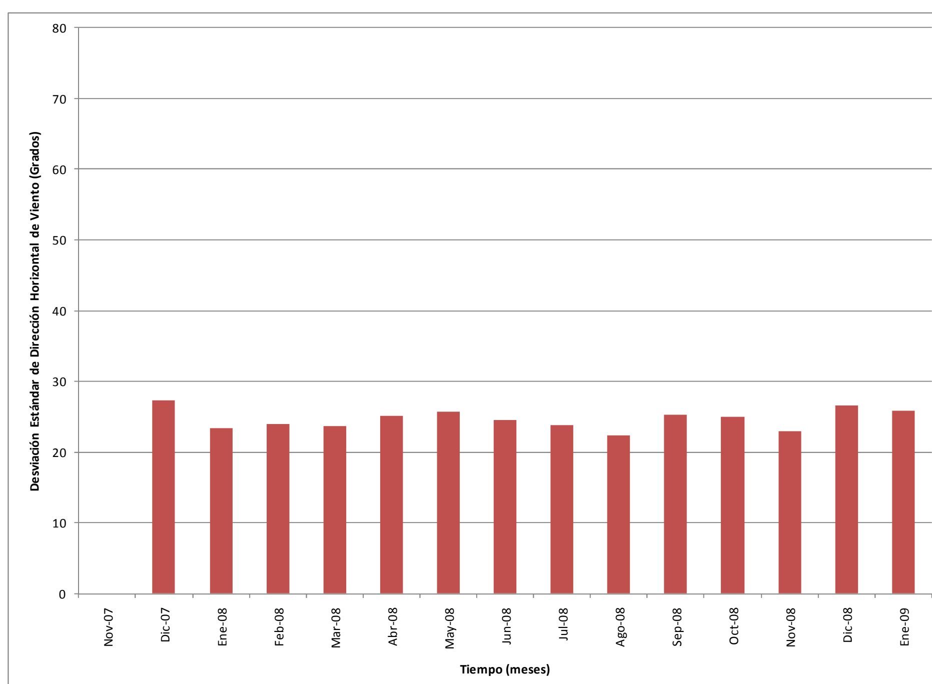
La desviación horizontal estándar promedio de la dirección del viento en la estación de Río Caimito era 24.7 grados, indicada por mes en la Figura 4-21. La figura indica que la desviación horizontal estándar de la dirección del viento era mucho menor en la estación de Río Caimito que la estación del campamento Colina. Los vientos de mayor velocidad y los asociados a la dirección predominante tienden a presentar menos variación en su dirección. La región también está sujeta a la posibilidad de brisas terrestres y marítimas debido al diferencial en el calentamiento de las superficies de la tierra y del océano. Este sistema de circulación podría aumentar la contribución relativa de los vientos sobre la tierra durante el día, y los vientos sobre el mar durante la noche.

Figura 4-20 Resumen Mensual de Velocidad de Viento en la Estación de Río Caimito



Nota: m/s = metro por segundo.

Figura 4-21 Resumen Mensual de Desviación Estándar de Dirección Horizontal de Viento



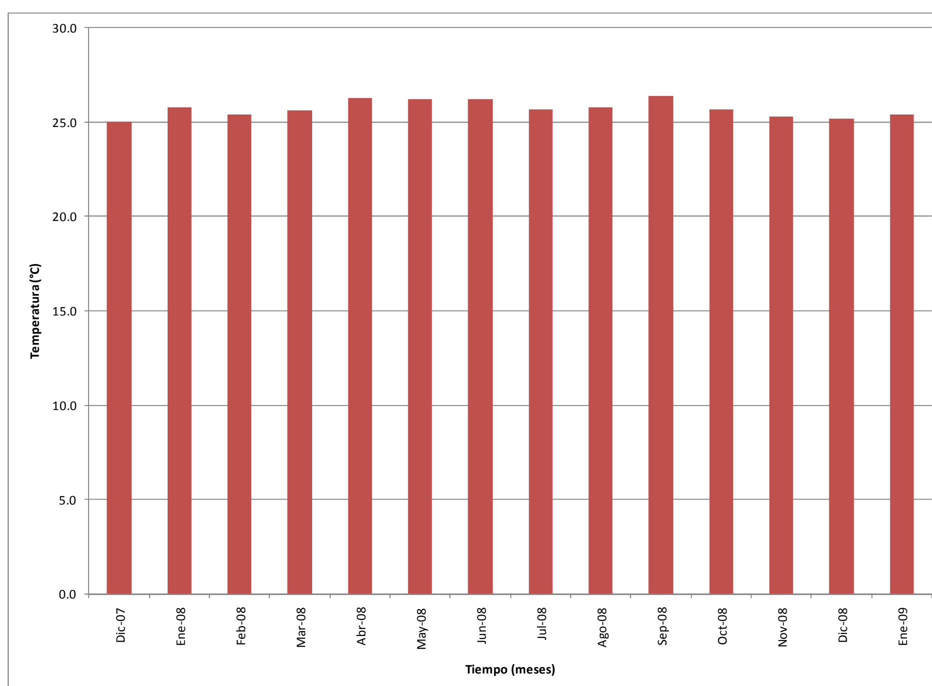
4.4.2.2 Temperatura

La temperatura promedio registrada en la estación de Río Caimito fue de 25.8°C (Tabla 4-3). La Figura 4-22 presenta las temperaturas mensuales promedio. La temperatura permaneció estable durante el año, con un promedio mínimo mensual de 25.0°C en diciembre del 2007 y un promedio máximo mensual de 26.4°C en setiembre del 2008. Las estaciones o épocas climáticas en Panamá se miden de manera más efectiva por el nivel de precipitación en vez de temperatura.

4.4.2.3 Presión Barométrica

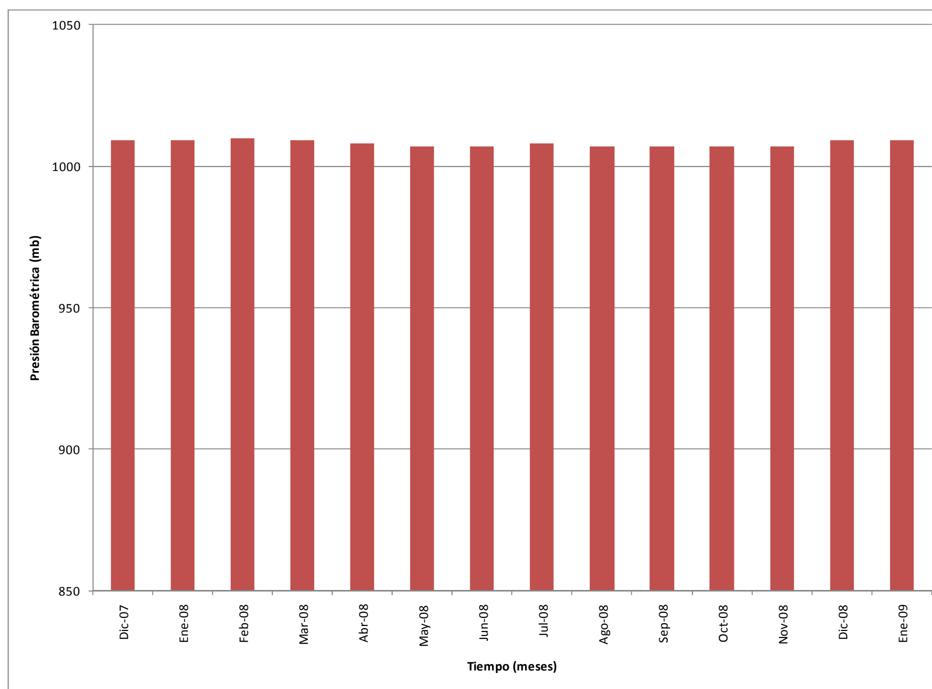
La presión barométrica promedió fue de 1,008 mb en la estación de Río Caimito, permaneciendo estable durante el año, según se indica en la Figura 4-23.

Figura 4-22 Resumen Mensual de Temperatura en la Estación de Río Caimito



Nota: °C = grados Celsius.

Figura 4-23 Resumen Mensual de Presión Barométrica en la Estación de Río Caimito



Nota: mb = milibares.

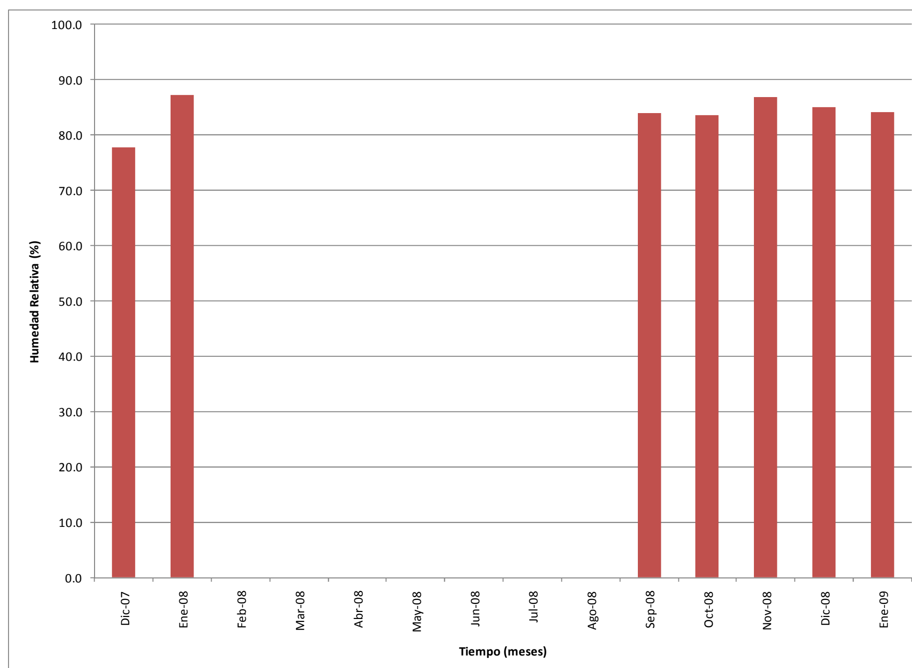
4.4.2.4 Humedad Relativa

La humedad relativa promedió fue de 84% en la estación de Río Caimito. Se perdió aproximadamente el 60% de los datos por falla del sensor entre febrero y agosto del 2008. La Figura 4-24 indica que la humedad relativa variaba aproximadamente un 10% durante el año, con promedios mensuales entre el 78% en diciembre del 2007 y el 87% en enero del 2008 (Figura 4-24).

4.4.2.5 Radiación Solar

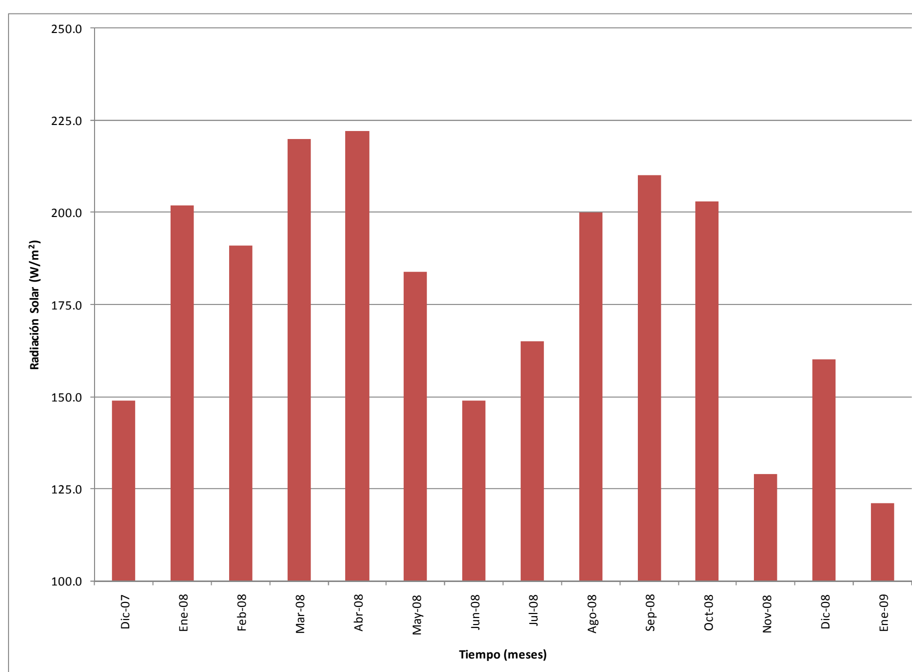
La radiación solar promedió fue de 179.3 W/m^2 en la estación de Río Caimito (Tabla 4-3). Según se indica en la Figura 4-25, el nivel promedio de radiación solar variaba durante el año. Los promedios mensuales variaban entre 121.0 W/m^2 en enero del 2009 y 222.0 W/m^2 en abril del 2008. Las variaciones observadas en la radiación solar probablemente pueden ser atribuidas a la presencia o ausencia de capa nubosa, y la frecuencia de precipitación.

Figura 4-24 Resumen Mensual de Humedad Relativa en la Estación de Río Caimito



Notas: Dataos no disponibles entre febrero del 208 hasta agosto del 2008 por falla del sistema; % = porcentaje.

Figura 4-25 Resumen Mensual de Radiación Solar en la Estación de Río Caimito



Nota: W/m^2 = vatios por metro cuadrado.

5 CONCLUSIONES

La actividad industrial en el campamento Colina y en la comunidad de Río Caimito anterior al programa de monitoreo era poca o nula; sin embargo, durante el período de monitoreo las actividades de exploración aumentaron progresivamente, sobre todo en el sitio de la mina (i.e. campamento Colina). Dentro del contexto el aumento de tráfico de vehículos en el campamento Colina como la presencia de varias fuentes potenciales de material particulado dentro y alrededor de la comunidad de Río Caimito, se debe proceder con cautela al incorporar las concentraciones observadas de PM_{10} en la evaluación de impactos. Al combinar el monitoreo de la línea base con proyecciones de modelos para determinar las concentraciones acumulativas, existe el potencial de duplicar el conteo de las contribuciones de la línea base, sobre todo si las actividades que ocurrieron durante el programa de monitoreo también ocurrirían durante las operaciones del Proyecto. Sin tomar en cuenta estas posibles dificultades, el monitoreo que se llevó a cabo e indicó efectivamente niveles elevados de PM_{10} en la zona, los cuales deben ser tomados en cuenta cuando se complete el análisis de impactos para el EsIA. Los parámetros del monitoreo meteorológico y de la calidad de aire que se midieron durante el estudio de la línea base indicaron lo siguiente:

- Las concentraciones de 24-horas de PM_{10} medidas en la estación del campamento Colina estaban por debajo de la norma panameña (base de percentil 98). También se cumplieron las normas de la OMS de 24-horas (base de percentil 99). Finalmente, la concentración promedio anual de PM_{10} estaba por debajo de las normas panameñas y de la OMS.
- Las concentraciones de PM_{10} para 24-horas medidas en la estación de Río Caimito estaban por debajo de la norma panameña basándose en el percentil 98. La concentración de 24-horas del percentil 99 a través de todo el período de monitoreo estaba por encima de las normas de la OMS, pero debajo del objetivo-3 provisional de 75 $\mu g/m^3$ de la OMS. La concentración promedio anual estaba por debajo de la norma panameña pero por encima de la norma de la OMS. Las elevadas concentraciones de PM_{10} podrían haber sido consecuencia de actividades de limpieza en el pueblo local (es decir, quema de vegetación). Una parte de los valores monitoreados también podría estar relacionada a la sal marina natural suspendida en el aire.
- Los parámetros meteorológicos medidos en la estación del campamento Colina indican una influencia de la vegetación circundante sobre la dirección y la velocidad del viento. Suponiéndose que una parte de la serie de tiempo de viento constituye un indicio de los patrones del viento en el sitio, es posible que la persistencia del viento (es decir, horas consecutivas cuando el viento sopla desde una misma dirección) vaya a incidir en las concentraciones de modelo a nivel de suelo en la evaluación de impactos.

- Con la mayor persistencia de los vientos, las proyecciones promedio a largo plazo pueden ser más elevadas de lo que sería el caso si los vientos fueran más variables. Los perfiles de temperatura y humedad en la estación del campamento Colina son similares a los de otros lugares en Panamá, incluyendo la comunidad de Río Caimito. Con la excepción de la velocidad y la dirección del viento, la meteorología de Río Caimito es similar a la de otros países centroamericanos de la región. Este se caracteriza por la presencia de una estación claramente definida de lluvia y otra estación seca, y poca variación estacional en temperatura y humedad a través del año.